

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО"
Приладобудівний факультет

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Освітньо-кваліфікаційний рівень «БАКАЛАВР»

Спеціальність – 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ В.С. Єременко

"__" _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Вербицькому Дмитру

1. **Тема проекту** «Аналізатор аміаку для птахофабрик», **керівник проекту**
Маркіна Ольга Миколаївна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом по Університету від "__" _____ 2020 р. №__.

2. **Строк подання студентом проекту** "18" травня 2020 р.

3. **Вихідні дані до проекту:**

3.1. Об'єкт проектування – аналізатор аміаку для птахофабрик.

3.2. Вихідні дані до проекту:

- Параметри вхідного сигналу концентрація аміаку від 0 до 20 мг/м³ в повітрі робочої зони.
- Діапазон вимірювання концентрації аміаку 2ПДК - 20 мг/м³.
- Границя допустимої основної приведеної похибки вимірювання концентрації аміаку $\delta_d = 5\%$.
- Вихідний сигнал : аналоговий електричний сигнал $U_{\text{вих}} = 0 \dots 1$ В.

3.3. Умови експлуатації:

- Температура навколишнього середовища $T = 25 \pm 10^\circ\text{C}$.
- Відносна вологість повітря 40...80 %.
- Атмосферний тиск $P = 84,0\text{--}106,7$ кПа (630-800 мм. рт. ст.).
- Напруга живлення $U = 187 \dots 242$ В, частота $50 \pm 0,5$ Гц.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- 4.1. Аналітичний огляд (1 розділ)
 - 4.1.1. Виконати аналіз об'єкту вимірювання.
 - 4.1.2. Виконати огляд методів для вимірювання концентрації сумішей виробництва птахофабрик.
 - 4.1.3. Виконати обґрунтування та вибір методу для проектування.
- 4.2. Конструкторський розділ.
 - 4.2.1. Виконати опис елементів, що взаємодіють з парами аміаку.
 - 4.2.2. Виконати вибір біосенсору аміаку з обґрунтуванням.
 - 4.2.3. Розробити структурну схему аналізатору концентрації аміаку.
 - 4.2.4. Обґрунтувати вибір складових вузлів системи.
 - 4.2.4.1. Джерело випромінювання.
 - 4.2.4.2. Аналоговий підсилювач
 - 4.2.4.3. Приймач випромінювання.
 - 4.2.4.4. Світлодіод.
 - 4.2.4.5. Конденсатор.
 - 4.2.4.6. Світлові фільтри.
 - 4.2.5. Виконати розрахунок параметрів кювети (геометричний та енергетичний розрахунки).
 - 4.2.6. Виконати аналіз похибки вимірювання
 - 4.2.7. Розробити креслення деталей та вузлів аналізатору аміаку для птахофабрик.
- 4.3. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- 5.1. Оптична схема аналізатору аміаку (1 арк. А1);
- 5.2. Складальне креслення ПВП для вимірювання концентрації аміаку (1 арк. А1);
- 5.3. Креслення деталей та вузлів (2 арк. А1).

6. Дата видачі завдання "01" березня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Виконати аналіз об'єкту вимірювання.	03.03.20	
2	Виконати огляд методів для вимірювання концентрації сумішей виробництва птахофабрик.	10.03.20	
3	Виконати обґрунтування та вибір методу для проектування.	20.03.20	
4	Виконати опис елементів, що взаємодіють з парами аміаку.	10.04.20	
5	Виконати вибір біосенсору аміаку з обґрунтуванням.	20.04.20	
6	Розробити структурну схему аналізатору концентрації аміаку.	03.05.20	
7	Виконати розрахунок параметрів кювети (геометричний та енергетичний розрахунки).	10.05.20	
8	Виконати аналіз похибки вимірювання	05.05.18	
9	Розробити креслення деталей та вузлів аналізатору аміаку для птахофабрик.	05.05.20	
10	Підготувати пояснювальну записку до дипломного проекту	20.05.20	

Студент _____

/Дмитро ВЕРБИЦЬКИЙ/

Керівник проекту _____

/Ольга МАРКІНА/

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АГС – аналізована газова суміш

ТКГ – термокондуктометричний газоаналізатор

ПВП – первинний вимірювальний перетворювач

ТХГ – термохімічний газоаналізатор

ФК – фотоколориметричний метод

ЧЕ – чутливий елемент

БЖ – блок живлення

АННОТАЦІЯ

Дипломний проект, пояснювальна записка 75 с., 4 формати А1, 10 джерел. У дипломному проекті бакалавра на тему «Аналізатор аміаку для птахофабрик» проведено аналітичне дослідження об'єкту вимірювання, а саме описано фізичні, хімічні властивості аміаку та його вплив на живі організми. Після чого нами виконано огляд та аналіз методів вимірювання концентрації аміаку методами кондуктометричним, термохімічним, фотоколориметричним та оптико-абсорбційним. Що дало змогу обрати метод на якому ми спроектували й сконструювали свій аналізатор концентрації аміаку для птахофабрик. Даний первинний вимірювальний перетворювач побудований на основі фотоколориметричного методу, який використовує зміну кольору чутливого елемента після його взаємодії з аналізуємою речовиною. Запропонований первинний вимірювальний перетворювач призначений для вимірювання концентрації парів аміаку на птахопромисловостях. Застосовано в якості чутливого елемента тонкі плівки. У дипломному проекті виконаного огляд приладів аналогів, а саме, універсального переносного газоаналізатору, газоаналізатору типу Н-320 та Аналізатору ІТ-М (індикатору горючих газів).

У другому розділі дипломного проекту проведено дослідження щодо одержання та нанесення тонкоплівкового покриття на підложку сенсору аналізатору концентрації аміаку. Дослідження спектру випромінювання аміаку дозволило правильно обрати діапазон довжин хвиль для сенсору. Нами проведено розрахунки щодо кількості чутливих плівок сенсору.

У дипломі виконано вибір та розрахунок основних елементів конструкції первинного вимірювального перетворювача аналізатору концентрації аміаку. Зазначимо, що розрахунки виконано для джерела випромінювання, підсилювача, фотоприймача, світлодіоду, однолінзового конденсора, світлових фільтрів, вимірювальної кювети. Такі розрахунки основних вузлів конструкції дозволили провести розрахунок похибки вимірювання аналізатору аміаку. При підготовці дипломного проекту виконано креслення деталей та вузлів аналізатору аміаку для птахофабрик.

АМІАК, КОНЦЕНТРАЦІЯ, ВИПРОМІНЮВАННЯ, СВІТЛОФІЛЬТР,
ВИМІРЮВАЛЬНА КЮВЕТА, ТОНКА ЧУТЛИВА ПЛІВКА.

ZUSAMMENFASSUNG

Diplomprojekt, Erläuterung 75 S., 4 A1-Formate, 10 Quellen. Ein Bachelor-Bachelor-Projekt zum Thema "Ammoniakanalysator für Geflügelfarmen" führte eine analytische Untersuchung des Messobjekts durch, in der die physikalischen, chemischen Eigenschaften von Ammoniak und seine Wirkung auf lebende Organismen beschrieben wurden. Danach führten wir einen Überblick und eine Analyse der Methoden zur Messung der Ammoniakkonzentration mit den Methoden konduktometrisch, thermochemisch, photokolorimetrisch und optoabsorbierend durch. Dies ermöglichte die Wahl der Methode, mit der der Ammoniakkonzentrationsanalysator für Geflügelfarmen entwickelt und gebaut wurde. Dieser primäre Messwandler basiert auf einem photokolorimetrischen Verfahren, bei dem eine Farbänderung des Sensorelements nach seiner Wechselwirkung mit dem Analyten verwendet wird. Der vorgeschlagene primäre Messwandler dient zur Messung der Konzentration von Ammoniakdampf in der Geflügelindustrie. Wird als empfindliches Element für dünne Filme verwendet. Das Diplomprojekt führte einen Überblick über analoge Geräte, nämlich den universellen tragbaren Gasanalysator, den Gasanalysator Typ H-320 und den Analysator IT-M (Brenngasanzeiger).

Im zweiten Abschnitt des Diplomprojekts wurden Studien durchgeführt, um eine Dünnschichtbeschichtung zu erhalten und auf das Sensorsubstrat eines Ammoniakkonzentrationsanalysators aufzutragen. Die Untersuchung des Ammoniakemissionsspektrums ermöglichte es uns, den richtigen Wellenlängenbereich für den Sensor zu wählen. Wir haben die Anzahl der empfindlichen Sensorfilme berechnet.

Das Diplom führte die Auswahl und Berechnung der grundlegenden Konstruktionselemente des primären Messwandlers des Ammoniakkonzentrationsanalysators durch. Beachten Sie, dass die Berechnungen für die Strahlungsquelle, den Verstärker, den Fotodetektor, die LED, den Einzelkondensator, die Lichtfilter und die Messzelle durchgeführt werden. Solche Berechnungen der Hauptkomponenten des Entwurfs ermöglichten es, den

Messfehler des Ammoniakanalysators zu berechnen. Während der Vorbereitung des Diplomprojekts wurden Zeichnungen von Teilen und Einheiten des Ammoniakanalysators für Geflügelfarmen angefertigt.

AMMONIA, KONZENTRATION, STRAHLUNG, LICHTFILTER,
MESSBEHÄLTER, EMPFINDLICHER FILM.

SUMMARY

Diploma project, explanatory note 75 pp., 4 A1 formats, 10 sources. An undergraduate bachelor's project on the subject of "Ammonia analyzer for poultry farms" conducted an analytical study of the object of measurement, namely described the physical, chemical properties of ammonia and its effect on living organisms. After that, we performed an overview and analysis of methods for measuring ammonia concentration by the methods conductometric, thermochemical, photolorimetric and opto-absorption. This made it possible to choose the method on which the ammonia concentration analyzer was designed and constructed for poultry farms. This primary measuring transducer is based on a photolorimetric method that uses a color change of the sensing element after its interaction with the analyte. The proposed primary measuring transducer is designed to measure the concentration of ammonia vapor in poultry industries. Used as a sensitive element thin films. The diploma project carried out an overview of analog devices, namely, the universal portable gas analyzer, the gas analyzer type H-320 and the Analyzer IT-M (combustible gas indicator).

In the second section of the diploma project, studies were conducted to obtain and apply a thin-film coating to the sensor substrate of an ammonia concentration analyzer. The study of the ammonia emission spectrum allowed us to choose the correct wavelength range for the sensor. We have calculated the number of sensitive sensor films.

The diploma made the selection and calculation of the basic design elements of the primary measuring converter of the ammonia concentration analyzer. Note that the calculations are made for the radiation source, amplifier, photodetector, LED, single-capacitor, light filters, measuring cell. Such calculations of the main components of the design made it possible to calculate the measurement error of the ammonia analyzer. During the preparation of the diploma project, drawings of parts and units of ammonia analyzer for poultry farms were made.

AMMONIA, CONCENTRATION, RADIATION, LIGHT FILTER,
MEASURING TANK, SENSITIVE FILM.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	13
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ АМІАКУ	17
1.1 Характеристика об'єкту вимірювання (аміаку)	17
1.1.1 Фізичні властивості аміаку	21
1.1.2 Хімічні властивості аміаку	22
1.1.3 Вплив аміаку на живі організми	23
1.1.4 Застосування аміаку	25
1.1.5 Способи виокремлення аміаку з газів	27
1.2 Огляд та аналіз методів вимірювання концентрації аміаку	30
1.2.1 Термохімічний метод	30
1.2.2 Термокондуктометричний метод	32
1.2.3 Фотоколортметричний метод	34
1.2.4 Оптико – абсорбційний метод	35
1.3 Обґрунтування обраного методу визначення концентрації аміаку	40
1.4 Огляд сучасних аналогів приладу для вимірювання концентрації аміаку	41
1.4.1 Універсальний переносний газоаналізатор типу УГ – 2	41
1.4.2 Газоаналізатор Н – 320 для безперервного виміру аміаку	43
1.4.3 ІТ – М індикатор горючих газів	45
2 РОЗРАХУНКОВО – КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	47
2.1 Експериментальні дослідження	47
2.1.1 Одержання і нанесення тонко плівкового покриття на підложку	48
2.1.2 Визначення спектру	49
2.1.3 Визначення кількості плівок	50
2.1.4 Перевірка відтворюваності світлочутливої плівки	51
2.2 Вибір та розрахунок основних елементів ПВП	52
2.2.1 Вибір джерела випромінювання	53

2.2.2 Розрахунок аналогового підсилювача	54
2.2.3 Вибір приймача випромінювання	55
2.2.4 Вибір світлодіоду	56
2.2.5 Розрахунок однолінзового конденсора	58
2.2.6 Вибір світлофільтрів	59
2.3 Розрахунок параметрів кювети	61
2.3.1 Геометричний розрахунок	61
2.3.2 Енергетичний розрахунок	62
2.4 Аналіз похибки ПВП аналізатору аміаку	65
ВИСНОВКИ	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	69
ДОДАТКИ	70

ВСТУП

Навколишнє повітря (атмосфера) є найважливішим чинником забезпечення нашої діяльності тільки відтоді, поки людина застосовуватиме у своїй діяльності шкідливі речовини, що раніше лише зрідка, і те в незначних кількостях забруднювали атмосферу. Турбота про збереження чистоти повітря, без якого неможливе життя, перетворилася в результаті збільшення щільності населення, підвищення інтенсивності руху транспорту і розвитку промисловості у всеоб'ємну і винятково серйозну проблему. Газоаналітична техніка знайшла широке застосування у виробництві при контролі забруднення атмосферного повітря, екологічних систем і промислових підприємств. Розвиток газоаналітичної техніки потрібно вести в таких напрямках: - розробки і подальшого удосконалення уніфікування засобів перетворення газових проб, що забезпечують їх показність, збереження вихідного складу по вимірюваному газу (речовині), очищення від включень, що заважають, стабільність проб температури, тиску, вологості, витраті; - розробки принципово нових методів аналізу газових середовищ і створенню газоаналітичної апаратури; - розробки методів і засобів метрологічного забезпечення газоаналітичних вимірювань; - розробки і створення нових високоточних, швидкодіючих і селективних приладів газового контролю, контролю забруднення навколишніх середовищ і замкнутих екологічних систем з використанням підкомплекса технічних засобів і на базі мікропроцесорних наборів БНС, мікро-ЄОМ і блоків убудованого автоматичного контролю. З розвитком промисловості і транспорту відбувається постійний ріст викидів шкідливих речовин в атмосферу не тільки по абсолютному обсягу, але і по різновиду газів і парів. Тільки за останнє десятиліття він подвоївся.

В даний час уже необхідно забезпечувати контроль великої кількості речовин і їх 20 комбінацій в атмосферному повітрі, у тому числі CO , SO_2 , H_2S , NO_2 , NO , NO_x , Cl_2 , NH_3 , Hg , включених у міжнародну програму глобальної системи моніторингу (контролю) навколишнього середовища. Підвищення

технічного рівня вітчизняного газоаналітичного приладобудування при значному одночасному збільшенні обсягів виробництва може бути досягнуте шляхом подальшого удосконалення традиційних і використання нових фізичних і фізико-хімічних методів газового аналізу, удосконалювання існуючих процесів і передової організації виробництва.

Складна структура спеціалізованих ферм промислового типу, тваринницьких комплексів, птахофабрик. У них широко застосовують механізацію та автоматизацію виробничих процесів. Промислове виробництво продуктів тваринництва спеціалізоване ще більше. Так, наприклад, один тип комплексів великої рогатої худоби призначається для виробництва молока, інший - для відгодівлі тварин на м'ясо і тому подібне. Вплив фермерських біогеоценозів (відходів продуктів життєдіяльності тварин, птиці) на навколишнє середовище посилювалося в міру зростання інтенсифікації тваринництва. Скотний двір, тваринницька ферма - це екологічний фактор, що впливає на природу в різних напрямках. Одне з них, можливо, найістотніше, - вплив на середу екскрементів тварин (гною). Велика кількість гною може забруднювати середовище. Охорона навколишнього середовища від забруднення відходами промислових тваринницьких комплексів - одна з найгостріших сучасних екологічних проблем сільського господарства.

Сучасне промислове птахівництво характеризується великою концентрацією поголів'я птиці на птахофабриках, поглибленої внутрішньогосподарської та міжгосподарської спеціалізацією виробничих підрозділів, чіткої ритмічності технологічного процесу утримання і вирощування птиці, що включає велику номенклатуру технічного обладнання та засобів механізації.

Подальше вдосконалення технології виробництва яєць і м'яса птиці всіх видів передбачає максимальне використання діючих потужностей шляхом розширення і модернізації. Природно, що зі збільшенням виробництва основної продукції одночасно буде зростати надходження від птахофабрик різних видів відходів: пташиного посліду, стічних вод, побічних продуктів технічної переробки птиці, які можуть бути повністю і ефективно використані

в інших галузях агропромислового комплексу.

В даний час від однієї середньої птахофабрики (потужністю 400 тис. курей-несучок або 6,0 млн курчат-бройлерів) надходить в рік до 40 тис. т посліду, понад 500 тис. м³ стічних вод, більше 600 т продуктів технічної переробки птиці. Проблема ефективного використання відходів може бути успішно вирішена, якщо їх переробляти на місці в продукцію, готову до реалізації. Одночасно будуть ліквідуватися і потенційні джерела забруднення навколишнього природного середовища.

На жаль, домогтися цього поки не вдається. У країні щорічно безповоротно втрачається понад 19 млн т посліду - найціннішого органічної сировини, одночасно з цим птахофабрики перетворюються в екологічно небезпечні виробництва, так як забруднюються лісу, річки, озера, орні землі. Підвищення ж родючості ґрунтів могло дати додатково продукції на багато мільярдів рублів. Чим далі буде відкладатися впровадження заходів щодо вирішення утилізації відходів птахофабрик, тим масштабніше буде небезпека порушення екологічного благополуччя для флори і фауни як на територіях самих птахофабриках, так і прилеглих до них сусіднім землям. Так, вже проглядається тенденція освіти величезних рідких пометних мас - «пометних озер». У той же час досвід роботи окремих птахофабрик показує, що є реальна можливість для перекладу птахівницьких господарств на безвідходні технології. Це можливо, коли переробка відходів поставлена на індустріальну основу і становить невід'ємну частину виробничого процесу птахофабрик. Для цього дуже важливо, щоб технології переробки будь-яких відходів птахофабрик мали закінчені комплексні рішення, що включають забезпечення умов для надходження сировини від виробничих підрозділів із заданими стабільними характеристиками і закінчуються переробкою (отриманням) готової продукції, яка б задовольняла за якістю зацікавлених споживачів.

Як відомо з наукової літератури, джерелом знищення екологічного стану ґрунтів та повітря залишаються фермерські господарства з вирощування тварин на забій та птахоферми в сільському господарстві. Кожне таке виробництво має комплекси для фільтрації рідкої фракції гною в ґрунт та

ґрунтові води. Проте, не всі вони працюють на 100% очистки через застарілий технічний стан фільтрів та недотримання технології. Проте, птахівництво має найбільшу проблему з аміачними випаровуваннями та утилізацією гною.

При життєдіяльності курей виробляється аміак, при їх великому скупчення, як на птахофабриках, вони дохнуть від нього. Якщо відбувається великий мор птиці її повинні спалювати на спеціалізованих підприємствах. Однак, всі ми чуємо в засобах масової інформації та інтернеті, що цього не робиться, а мертва птиця просто викидається у лісах чи полях. Від їх розкладання утворюється сморід, продукти розкладу у ґрунти та підземні води. Для подолання негативних впливів сільського господарства на навколишнє середовище вживаються заходи щодо реалізації Державної комплексної програми підвищення родючості ґрунтів, плану заходів з охорони навколишнього середовища від забруднення відходами тваринницьких комплексів і птахофабрик. Тому вважаємо, що тема дипломного проекту бакалавра є актуальною для розробки та впровадження.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ АМІАКУ

1.1 Характеристика об'єкту вимірювання (аміаку)

Аміак утворюється головним чином при розкладанні біогенних азотовмісних сполук білків і сечовини. Найбільш ймовірна величина потоку з усіх наземних джерел в атмосферу становить 70 -100 Мт / рік. Антропогенне емісія аміаку є надзвичайно шкідливою та кількісною. Аміак надходить в атмосферу в результаті розпаду органічних азотовмісних речовин і може бути присутнім в повітрі далеко від населених пунктів в концентрації 0,003-0,005 мг / м³.

Аміак NH_3 - безбарвний газ з задушливим різким запахом, дуже добре розчинний у воді (в одному об'ємі води при 20 °С розчиняється до 700 об'ємів газу). Водний розчин аміаку називають нашатирним спиртом. Окислення аміаку на платині починається при температурах 423-473К. При низьких температурах єдиним азотовмісним продуктом реакції є молекулярний азот. При підвищенні температури в продуктах з'являється оксид азоту N_2O , вихід якого з ростом температури проходить через максимум. При температурах порядку 573К починається утворення оксиду азоту. Вихід цього продукту підвищується з температурою і при 973 - 1273К може перевищувати 90%.

Окислення аміаку на інших металах протікає аналогічно, але з іншими температурними межами утворення продуктів м'якого і глибокого окислення. При 573К питома каталітична активність металів щодо сумарного процесу окислення знижується. Зниження активності в цьому ряду пов'язано з підвищенням енергії зв'язку кисню з поверхнею металу. Приблизно в цьому ж порядку знижується селективність по процесам глибокого окислення (до N_2O і NO). У процесах глибокого окислення розривається більше число зв'язків кисень-каталізатор, ніж в стадії, що веде до утворення продукту м'якого окислення (N_2); тому з ростом q_s зниження швидкості глибокого окислення має бути різкіше, ніж швидкості м'якого окислення, що й приводить до зміни

селективності в залежності від каталізатора.

Аміак в природних умовах частково використовується рослинами як поживний матеріал, а частково окислюється, взаємодіючи з киснем. Ця стадія перетворення азоту називається нітрифікація. Процес нітрифікації - це процес окислення аміаку (іона амонію NH_4^+) до нітритів і нітратів. Таким чином, виробництво аміаку складається з наступних стадій: конверсія метану, очищення газу від CO_2 , компресія газу, очищення від CO , синтез аміаку. На кожній з цих стадій утворюються стічні води.

Суть процесу СНКВ оксидів азоту аміаком полягає в протіканні реакції відновлення NO_x до молекулярного азоту і води при температурі 850 – 1100 °С.

Одним з джерел атмосферного аміаку є ґрунт. Знаходяться в ґрунті органічні речовини піддаються мікробіологічній деструкції. Аміак є одним з продуктів руйнування органічних речовин. Найпростішим способом очищення газів, що відходять від аміаку є його абсорбція водою. Допустимі норми забруднення повітря сірчистим газом, аміаком і формальдегідом для рослин визначалися за впливом цих речовин на інтенсивність фотосинтезу.

Сучасний стан теорії каталітичного окислення аміаку добре освітлено в роботі. За аналогією з окисленням органічних сполук, молекулярний азот слід вважати продуктом м'якого окислення, а оксиди азоту - продуктами глибокого окислення. У присутності багатьох каталізаторів при 673-773К одночасно утворюється три азотовмісних продукту в тих чи інших співвідношеннях. У той же час в присутності вибірково діючих каталізаторів і при проведенні реакції в певних умовах переважно протікає один з процесів. Так, при високих температурах (1073 -1173К) на платинових каталізаторах вихід оксиду азоту досягає 96-99%, що реалізується на практиці у виробництві азотної кислоти.

Дослідження показують, що в якості перспективних палив можуть бути використані також аміак і водень, причому водень особливо перспективний з екологічної точки зору, так як при його згоранні утворюються переважно пари води. У процесах газифікації рідких палив з метою отримання синтез-газів для виробництва спиртів та аміаку при очищенні газів від сажі утворюються

сажові пульпи, що представляють собою (при концентрації сажі більше 10%) кашкоподібні маси, що надходять на складування у відвали. Для запобігання запилення відвалів сажа захороняється під шаром води, а після заповнення відвалів засипається шаром ґрунту.

Аміак в природних умовах частково використовується рослинами як поживний матеріал, а частково окислюється, взаємодіючи з киснем. Ця стадія перетворення азоту називається нітрифікація. Процес нітрифікації - це процес окислення аміаку (іона амонію NH_4^+) до нітритів і нітратів. У неглибокій свердловині вміст нітратів було приблизно 2 мг / л у перерахунку на азот, але концентрації органічного і аміачного азоту як в дрібних, так і в глибоких відкачують свердловинах були менше 1 мг / л. Навесні початкове окислення азотних складових до нітратів змінюється на великих глибинах процесом відновлення нітратів до газоподібного азоту, який переходить в водоносну систему. Неясно, чому влітку або восени зменшення вмісту нітратів супроводжує збільшення кількостей аміаку і органічного азоту. Для весняного часу криві нітратів і окислювально-відновного потенціалу приблизно ідентичні за формою, причому можливе виключення для насиченою частини водоносного горизонту, де окислювально-відновний потенціал злегка вище. Це підтверджує припущення про те, що окислення нітратів має місце у верхніх трьох метрах розрізу з послідовним відновленням нітратів до газоподібного азоту в нижніх частинах розрізу.

В першу фазу нітрифікації відбувається окислення амонію до нітриту мікроорганізмами типу *Nitro-somonas*, *Nitrospira*, *Nitrosococcus*, *Nitrosolobus*, *Nitrosovibrio*. У другу фазу - окислення нітриту до нітрату мікроорганізмами типу *Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrococcus*. Ці мікроорганізми розвиваються тільки у вузькому діапазоні околонеітральних рН (що пояснюється їх високою чутливістю до аміаку і азотної кислоти) при високих концентраціях кисню в середовищі. Кінетика процесів нітрифікації в природних екосистемах поки мало вивчена. При наявності окислювальних процесів, окислення аміаку до нітритів і нітратів, користуються формулою.

Нітрифікація - перетворення (окислення) нітрифікуючими аеробними

бактеріями азотовмісних сполук (амонійних солей) в форму, засвоювану вищими рослинами (нітрити, нітрати). Цей процес протікає в два етапи за допомогою певних видів бактерій: на першому - аміак окислюється до нітриту, а на другому етапі - нітрит окислюється до нітрату. Нітрати - основні азотні речовини ґрунту, що використовуються рослинами в процесі росту. При підвищенні ГДК нітратів в навколишньому середовищі і продуктах харчування вони стають токсичними для людини і тварин. Нітрити є проміжним продуктом біохімічного окислення аміаку або відновлення нітратів. Їх присутність свідчить про фекального забруднення вод. У поверхневих водах нітрити швидко переходять в нітрати. Вони присутні в концентраціях від декількох мікрограмів до десятих часток міліграма в 1 л. У більшій кількості вони знаходяться в деяких промислових і біологічно очищених стічних водах.

Сполуки азоту в природних водах представлені крім згадуваного раніше аміаку, присутнього зазвичай у вигляді іона NH_4^+ ще нітритами і нітратами, які є продуктами його окислення під впливом фізико-хімічних і біохімічних чинників. Процес розпаду органічних речовин до аміаку NH_3 протікає значно швидше, ніж процес їх мінералізації до NO_3^- і NO_2^- . У другому процесі найбільшу швидкість має перша фаза - перетворення в NO_2^- , друга ж фаза - окислення протікає значно повільніше. На швидкість процесу нітрифікації сильно впливає температура - нижче 9°C він сповільнюється; оптимальне значення рН середовища для нітритних бактерій від 5,5 до 7,3, а для нітратних - від 7,0 до 9,3.

Крім властивостей ґрунту, складу і кількості органічних речовин, водного і теплового режиму ґрунту, на швидкість окислення аміаку до нітратів впливають також обробка ґрунту, вапнування і добрива. Накопичення нітратів в ґрунті, зайнятої рослинами, особливо злаками, майже не відбувається через слабе розвитку процесів нітрифікації і поглинання нітратного азоту корінням рослин; зміст його в орному шарі в цьому випадку невелика. Лише завдяки вирощуванню бобових культур - азотозбирачів - кількість нітратного азоту в ґрунті значно зростає.

Зниження вмісту вуглеводів при внесенні підвищених доз азотних добрив пояснюється тим, що на багатьох етапах азотного обміну (при відновленні нітратів до аміаку, біосинтезу амінокислот з аміаку, біосинтезу амідів, азотистих основ, нуклеїнових кислот, білків та інших азотистих сполук) рослина витрачає дуже багато енергії, яку воно отримує в процесі окислення вуглеводів. Вуглецевий скелет утворюються азотистих з'єднань також будується за рахунок вуглеводів або продуктів їх перетворень.

Тому, як видно з попереднього опису властивостей аміаку, нами обрана дуже цікава тема для написання дипломного проекту, що потребує знань з хімії, конструювання, проектування, електротехніки та інших дисциплін, які викладались нам в інституті, зокрема, на кафедрі.

Хочемо коротко зазначити, що аміак має хімічний запис NH_3 , він є неорганічною сполукою, що не має кольору, йому притаманний дуже їдкий запах. Його вага легша за вагу повітря. Одним з важливих властивостей аміаку є те, що він чудово розчиняється у воді, тому ми будемо мати можливість розглянути у якості методу для визначення концентрації аміаку – метод абсорбції. До основного методу одержання аміаку є метод каталітичного синтезу з таких речовин як азот і водень. Такий метод отримання аміаку проводиться під тиском у іншому випадку реакція не відбудеться. Широкого застосування аміак набув при виробництві мінеральних добрив. Проте, в даній дипломній роботі нас цікавить негативний вплив аміаку на екологічний стан ґрунтів, повітря, підземних та наземних вод.

1.1.1 Фізичні властивості аміаку

У описі характеристики об'єкту вимірювання даного диплому, ми вже заторкнули частину фізичних властивостей аміаку. Проте, хочемо зазначити основні. Аміак це газ, що немає кольору в своєму забарвленні, цей газ має дуже різкий та неприємний запах. Його вага є меншою вдвічі під маси повітря. За температури у $33,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ при нормальному показнику тиску даний газ через хімічну реакцію випадає у воду, яка не має запаху. А за температури у $77,75\text{ }^{\circ}\text{C}$ даний газ через хімічну реакцію перетворюється у кристали, тобто замерзає.

Хочемо зазначити, що переміщати аміак можливо тільки під тиском у рідкому стані, тільки в спеціальних цистернах. Аміак має властивість розчинятися у воді. Концентрація такого розчину аміаку у воді має щільність $0,92 \text{ г/см}^3$, та отримав назву аміачної води, а прості користувачі можуть придбати його у аптеках під назвою «нашатирний спирт».

1.1.2 Хімічні властивості аміаку

Молекула аміаку NH_3 - полярна, має форму правильної трикутної піраміди з атомом азоту на вершині. Не розділена електронна пара атому утворює умови для приєднання до молекули протона за донорно – акцепторним механізмом, перетворюючи її на однозарядний катіон: $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow (\text{NH}_4)^+$ В утвореному катіоні позитивний заряд розподілений рівномірно. Тому механізм аміаку реагує з водою, а також будь – якими іншими рідинами, здатними відщеплювати протони, за виключенням і з кислотами. Ковалентні зв'язки дозволяють протекти хімічним реакціям, наприкінці яких утворюються молекули аміаку. За хімічним класифікатором аміак є відновником, а його реакції дозволяють йому окислюватись до вільного азоту. Хочемо зазначити і привести приклад того як аміак згорає у атмосфері. Під час цієї реакції утворюються кисень та азот : $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$. Аміак відновлює монооксид міді при умові високих температур. Таку реакцію наведемо нижче: $3\text{CuO} + 2\text{NH}_3 = 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$. У випадку, коли аміак розчинити у воді, ми маємо реакцію, при якій певна кількість молекул аміаку вступає в реакцію з водневими іонами води з утворенням складного катіона амонію NH_4^+ , що вступає у реакцію в якості одновалентного металу. Під час цієї реакції, частина гідроксильних груп OH^- звільняється. Таку реакцію прийнято вважати рівноважною і вона записується у вигляді формули $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$. Гідроксильні групи аміаку, під час реакції з катіоном амонію, утворюють сполуку NH_4OH , яку називають гідроксидом амонію: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{OH}$

1.1.3 Вплив аміаку на живі організми

Перш ніж розпочати опис впливу аміаку на організм людини, тварини або птиці, хочемо зауважити, що аміак є речовиною задушливою і нейротропною дії. Його дія впливає на організм ураженням нервової системи, у наслідок чого знижується функція нейтронів головного мозку засвоювати кисень. Збудження рецепторів нервової системи у деяких випадках призводить до рефлекторного гноблення органів дихання та зниження та порушення серцевого ритму та нормальної роботи. Проте, якщо ж концентрація аміаку у повітрі буде перевищувати 1,5 мг/л, летальний випадок може настати вже через декілька хвилин. У такому випадку необхідно надавати першу невідкладну допомогу та робити штучне дихання. При низьких концентрації аміаку 0,6 мг/л вплив на організм є наступним - подразнюються всі слизові організму (очі, ніс, трохея). Така хімічна дія на слизові аміаку, що знаходиться у газовому стані, називається хімічним опіком. У випадку, коли аміак знаходиться в зрідженому стані та відбувається його контакт з шкірою, тоді виникає печія. Наслідком такого опіку можуть бути пухирі виразками. А у випадку, коли аміак знаходиться скрапленому стані, при його випаровуванні поглинається тепло, а при контакті з шкірою відбувається обмороження. Напишемо деякі фізіологічні прояви аміаку:

- поріг чутливості аміаку дорівнює 0,035 мг/л;
- чутливість легенів, слизовоточивих оболонок носа та очей відбувається при перевищенні концентрації аміаку у 0,3 мг/л;
- чутливість шкіри до аміаку дорівнює 7,2 мг/л;
- при концентрації аміаку у 1,25 мг/л у людини відбувається зниження функції легенів та задуха;
- при концентрації у 1,5 мг/л під час 1 години відбувається токсичне отруєння;
- при концентрації у 3,5 мг/л під час декількох хвилин призводить до летального випадку.

Звісно, що для тварин й птиці всі ці концентрації є значно менші, адже вони розраховані за масою тіла та об'ємом легенів середньостатистичної

людини. А тому, що ми розглядаємо вплив аміаку на птахів, а саме курей, можемо сказати, що показник концентрації аміаку на птахофабриках необхідно контролювати повсякчас. А не застосування новітніх технологій та приладів, що дозволять жорстко контролювати концентрацію аміаку в курниках, призведе до масового мору курей та збитків для власників.

Хочемо зазначити, що до симптоматики отруєння аміаком, слід віднести наступне:

- сухий та подразливий кашель;
- почервоніння очей та печіння;
- аритмія серцевого ритму;
- зуд та висипання на шкірі.

Отже, якщо відчувається запах аміаку, то працювати без засобів захисту дуже небезпечно. У приміщеннях тваринам аміак утворюється внаслідок розкладання органічних залишків містять азот (сеча, кал, забруднена підстилка). Аміак токсичний газ, що у підвищених концентраціях дуже негативно впливає на організм тварин. Тривале вдихання повітря із вмістом невеликої кількості аміаку викликає ослаблення резистентності організму, що призводить до виникнення захворювань, особливо легеневих. Це тому, що утворюються сприятливі умови для розвитку умовно патогенної мікрофлори на слизову оболонку дихальних шляхів. Встановлено, що 0,09% концентрації аміаку збуджуюче діє на дихальний апарат, а 0,5% може викликати запалення легенів. Від вдихання такого повітря може настати смерть, внаслідок набряку в легенях чи спазмів дихання. Відомо, що повітря пташників характеризується підвищеним вмістом аміаку, вуглекислого газу, сірководню, які виділяються в результаті життєдіяльності птиці та мікробіологічного розкладу у пташниках органічних речовин. Ці гази негативно впливають на збереженість і продуктивні показники птиці, здоров'я обслуговуючого персоналу, а їх викиди в атмосферу є суттєвим фактором забруднення довкілля. Висока концентрація аміаку у пташнику призводить до виникнення різних захворювань дихальної системи птиці, паталогічними змінами трахеї, легенях, нирках, печінці, погіршення конверсії корму викликає кератоконк'ютивіт, зменшенням

антитіла, слабкість стінок капілярів, зниження функції макрофагів, підвищення чутливості до респіраторних захворювань, зменшення здатності птиці видаляти кишкову паличку з легенів і повітряноснах мішків. Гранично допустима концентрація аміаку в повітрі пташників – 15 мг/м³ повітря.

Яєчна продуктивність курей – несучок вірогідно знижувалася при перевищенні концентрації аміаку 200 мг/м³ протягом 17 днів. Його концентрація 100 мг/м³ в незначній мірі впливала на несучість курей (72,4% та 71%), однак споживання корму при цьому знижувалося з 110 до 105 г за добу. Відмічено Підвищення рівня аміаку до 50 мг/л впливає на зниження міцності яєць на 20-25%, маси яєць і якості шкаралупи. Адже від структури останньої залежить її здатність протистояти проникненню мікроорганізмів у яйці. У сильно забрудненого яйця на 1 см² поверхні шкаралупи знаходиться від 60 до 110 тис. мікроорганізмів, зокрема, кишкова палички, сальмонел, протей.

1.1.4 Застосування аміаку

Амонійні азотні добрива - з'єднання аміаку з сірчаної, соляної та іншими кислотами. При поглинанні іона амонію кислотними ґрунтами з них витісняються обмінний водень і алюміній, що збільшує активну кислотність ґрунтового розчину; Крім того, амоній частково або повністю нітритується, тобто перетворюється знову в кислоту (азотну). Збільшення кислотності ґрунтів відбувається також внаслідок використання рослинами амонію добрив: кислотний залишок добрива підкисляє ґрунт. При цьому, якщо ґрунт багатий підставами (наприклад, кальцієм), що утворюються кислоти нейтралізуються, а якщо ґрунт бідна підставами, вона підкислюється.

У складі стічних вод птахофабрик присутні леткі і нелеткі з'єднання аміаку, неорганічні домішки (кальцій, магній, натрій і ін.). Розчинені органічні сполуки (похідні вугільної кислоти, феноли, піридинові підстави і ін.) І дисперговані (смоли, маслянисті речовини, бензол, нафталін і ін.). У складі стічних вод коксохімічних заводів присутні також сполуки аміаку, неорганічні домішки (солі кальцію, магнію, натрію та ін.), Розчинені похідні вугільної кислоти, ціаніди, феноли, піридинові підстави, дисперговані смоли, бензол,

нафталін і інше

До числа основних забруднювачів атмосфери відносяться зважені частинки, CO, CO₂, NO, сполуки сірки, вуглеводні, свинець, ртуть, кадмій, хлоровані органічні сполуки, аміак, фреони, радіоактивні речовини. Визначенню заважають фосфати, арсеніти, амоній і метали, що утворюють з фтор-іоном комплексні сполуки; аміак при утриманні в пробі не більше 0,1 мг визначенням фтор-іона не заважає.

Результати застосування смоли АН-31 дуже близькі до даних, наведених в табл. 54 для 1-го ступеня при вмісті солей амонію 170 г / л і вільного аміаку 24 г / л. У другій порції середній вміст солей становить 80, а з'єднань аміаку - 60 г / л. Після нейтралізації сірчаної кислотою першої порції відпрацьованого розчину отримують надходить на упарювання і грануляцію розчин суміші сульфату і нітрату кальцію, а також нітрату амонію з домішками хлористого амонію, що містить 350-360 г / л солей. При нейтралізації азотної кислотою отримують розчин з вмістом понад 250 г / л солей, але з більш високим вмістом засвоюваного азоту, що значно підвищує цінність препарату як добрива.

Хемосинтез - процес утворення деякими бактеріями органічних речовин з діоксиду вуглецю за рахунок енергії, отриманої при окисленні неорганічних сполук (аміаку, водню, сполук сірки, закисного заліза та ін.). Хемосинтезуючі бактерії поряд з фотосинтезуючими рослинами і мікробами складають групу автотрофніорганізмів. Мабуть, пов'язані амінокислоти ґрунтового органічної речовини, піддаючись впливу мікроорганізмів, є найближчими джерелами азоту для освіти в ґрунті безпосередньо засвоюваних рослинами його сполук - аміаку і нітратів. Більш висока абсолютний зміст засвоюється азоту в чорноземних ґрунтах дозволяє в сприятливій метеорологічному відношенні роки отримувати більш високі врожаї, ніж на бідних азотом ґрунтах нечорноземної смуги. Але навіть в чорноземній зоні, особливо в більш вологою північній її частині, наявні запаси засвоюваного азоту в ґрунті недостатні для нормального забезпечення рослин азотним живленням. Тому застосування азотних добрив має величезне значення для підвищення

родючості ґрунтів на більшій частині територій нашої країни. В результаті біологічного синтезу в ґрунті азот не губиться, як у випадку вимивання або денітрифікації; він лише тимчасово переходить в недоступні рослинам складні органічні речовини. При відмирання бактерій азот знову переходить в форму мінеральних сполук - аміаку і нітратів. Обидва процеси - мінералізація і утворення органічної азотовмісної речовини - взаємопов'язані і відіграють важливу роль в харчовому режимі ґрунтів. Азот - один з найбільш необхідних для рослин ЕІ ментів. Він входить до складу білків, хлорофілу і багатьох інших органічних речовин рослин. Основна маса азе зосереджена в органічній речовині ґрунту, і першого в гумусі. Азот доступний рослинам головним чином в мемінеральних сполуках - аміаку і нітратів, що утворюються при розкладанні органічної речовини осіб ми мікроорганізмами. Тому потрібно поповнення запасів ґрунтового азоту інших джерел .

Нерідко в воді розчинені молекули газів, які не беруть в хімічну взаємодію з нею, наприклад, кисню, азоту, благородних газів, метану і інше. Тоді їх поведінку підпорядковується загальним фізичним закономірностям для таких систем: зменшення розчинності з ростом температури води і тому подібне. Інші гази дають з водою хімічні сполуки. Аміак утворює з нею гідроокис амонію, відому в побуті під назвою нашатирного спирту. Це з'єднання лужного характеру. А сірководень або двоокис вуглецю надають воді кислотні властивості.

1.1.5 Способи виокремлення аміаку з газів

Гази, що містять оксиди азоту, можуть бути умовно розділені на чотири групи. До першої групи можна віднести концентровані гази, одержувані при окисленні аміаку або при окисленні органічних сполук азотною кислотою. Вони містять від 2 до 30% (об.) І вище оксидів азоту [1-3] і служать сировиною для виробництва азотної кислоти. Технологія вилучення з них оксидів азоту описана в спеціальній літературі [4].

Під час вилучення аміаку з газів або розчинів найбільш простим

рішенням може бути отримання чистого аміаку або концентрованої аміачної води. В оптимальному варіанті такий аміак може бути повернутий в технологічний процес. Можливі й сольові системи утилізації аміаку, коли він поглинається розчинами кислот, а товарним продуктом надається відповідна сіль - найчастіше сульфат або фосфат амонію. Забезпечуючи високу ступінь вилучення аміаку з газів (в більшості випадків - практично 100%), сольові схеми в той же час пов'язані зі значними додатковими капітальні і енергетичними затратами. Оскільки мова може йти про порівняно невеликих масштабах виробництва відповідних солей в порівнянні з отриманням їх на централізованих і спеціалізованих установках, отже, для таких сольових схем характерні менша продуктивність праці, високі питомі витрати і велика вартість переділу в порівнянні з великими цехами та підприємствами. Все це виправдовує застосування сольових схем утилізації відкидного аміаку насамперед при комбінуванні виробництва солей з основним виробництвом, що можливо при використанні відпрацьованих кислот основного виробництва, а також при переробці розчинів одержуваних солей спільно з основним продуктом даного підприємства.

Для вилучення з повітря шкідливих речовин застосовують також аерозольні фільтри, просочені хімічними реагентами, які одночасно вловлюють гази, пари, аерозолі і тверді частинки. Цим способом можна відібрати представницьку пробу пестицидів (фільтр і сітка), діоксиду сірки і сульфатів, оксидів азоту і нітратів, аміаку і солей амонію.

Ступінь вилучення діоксиду сірки становила 99% при початковій концентрації SO_2 до 6100 ppm. Кристали одержуваного (мають в середньому розмір 300 мікрон). Були випробувані кошикові та безперервна центрифуги. Чистота осаду становила 99,6%. Осад сульфату амонію з центрифуги може бути висушений і використаний як добриво. Однак для отримання комплексного добрива (NPK) сульфат амонію змішують з іншими добривами такими, як поташ, фосфати і карбамід. Для цього потрібно гранулювання $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Абсорбція аміаку з газів - найбільш раціональний спосіб вилучення

великих кількостей речовини. При цьому представляється можливим повністю утилізувати аміак і підстави. Однак досить часто виникає необхідність отримувати від газів порівняно невеликі кількості речовин. Особливо це відноситься до замкнутим системам вентиляції побутових і виробничих приміщень.

Кількість аміаку та інших азотовмісних сполук в промислових газових і рідинних потоках велике. З технологічних причин дуже важливо майже повне вилучення перерахованих речовин з газів і рідин. Розглянемо це на прикладі коксохімічного виробництва.

Найбільш повно аміак може бути витягнутий з газів розчинами сильних кислот з отриманням сольових товарних продуктів. При цьому в якості абсорбентів використовують кислоти, що утворюють слабо гідролізуючі або НЕ гідролізують солі (наприклад, сірчану, азотну, в меншій мірі фосфорну кислоти). Ми не будемо розглядати процес поглинання аміаку азотною кислотою, який є складовим елементом виробництва одного з найбільш масових азотних добрив - нітрату амонію. Нейтралізацію при цьому ведуть, як правило, чистим аміаком. Азотна ж кислота для абсорбції аміаку з газів використовується вкрай рідко, якщо не брати до уваги процеси виробництва карбаміду по відкритій схемі.

Промислові методи добування аміаку і піридинових основ з коксового газу відносяться до абсорбційно-хімічним. У них розчинення аміаку супроводжується його хімічним взаємодією з розчинником.

Абсолютні кількості аміаку в коксовому газі складають у вітчизняній промисловості близько 350 тис. т / рік. Все це кількість не перевищує річний продуктивності сучасного великого агрегату по синтезу аміаку, і важливість отримання аміаку з коксового газу визначається аж ніяк не його цінністю. Аміак необхідно витягувати з газу по чисто технологічних причин.

Хороша розчинність аміаку у воді, його основні властивості дозволяють використовувати для вилучення аміаку з газів воду і водні розчини кислот. Можлива і адсорбція аміаку з газів твердими сорбентами з кислотними властивостями.

1.2 Огляд та аналіз методів вимірювання концентрації аміаку

1.2.1 Термохімічний метод

Термохімічний метод аналізу концентрації аміаку оснований на вимірюванні зміни температури навколишнього середовища, яке відбувається в результаті реакції. Селективність термохімічного методу формується спеціальною можливістю компоненту (в нашому випадку аміаку), що встановлюється до хімічної реакції і теплового режиму, в якому вона проходить. Найширшого запровадження набули термохімічні газові аналізатори (ТХГ). У конструкції яких закладено роботу застосування реакції окислення компоненту, що визначають. На теперішній час відомими є два типи термохімічних газових аналізаторів. Їх робота, як зрозуміло, також формується на процесах горіння (окислення).

До першого типу ТХГ віднесемо аналізатор, у конструкціях яких каталітичне окислення пошукового компоненту відбувається з застосуванням твердого гранульованого каталізатору. Реакція відбувається при проходженні крізь каталізатор аналізованої газової суміші. Під час такої реакції виділяється тепло, що має корисний ефект каталітичного окислення. До другого типу ТХГ, віднесемо аналізатори, в яких каталітичне окислення компоненту здійснюється на нагрітій каталітично нитці, що водночас є чутливим елементом та й плечем вимірювального мосту.

Аналізатор ТХГ першого типу використовують при вимірюванні низьких концентрацій, що знаходяться в діапазоні від 0,01 до 0,1 мг/л (г/м^3).

Аналізатор ТХГ другого типу використовують при вимірюванні більших концентрацій.

Корисний тепловий ефект ТХГ є залежністю витрати газової суміші. Чим більше витрата на газову суміш, та вищим буде тепловий корисний ефект. Чутливість $S_{\text{ТХГ}}$ термохімічного газового аналізатору розраховується по відношенню зміни температури Δt до зміни концентрації компоненту, що вимірюють, ΔC . Формулу розрахунку чутливості ТХГ наводимо нижче:

$$S_{TХГ} = \frac{\Delta t}{\Delta A} = A \cdot q(1 - a \cdot Q^b) \quad (1.2.1)$$

A, a, b коефіцієнти, які залежать від геометричних розмірів і теплових характеристик термохімічної камери; q питома теплота реакції окиснення; Q витрати газу. Чутливість вимірювання буде максимальною при певних витратах, котрі визначаються залежністю :

$$Q_{S \max} = \left(b \sqrt{a(1+b)} \right)^{-1} \quad (1.2.2)$$

тобто $Q_{S \max}$ буде максимальною при певних конструктивних параметрах термохімічної камери. Необхідний об'єм V_k можна розрахувати із співвідношення:

$$V_k = \frac{RTG \cdot \ln \left(\frac{P_n}{P_k} \right)}{\beta \cdot S(P_n - P_k)} \quad (1.2.3)$$

де R - газова стала;

T - абсолютна температура;

G - вагові витрати компонента, що визначається;

P_n і P_k - парціальний тиск компонента, що визначається, до і після шару каталізатора;

S - площа поверхонь зерен каталізатора в одиниці об'єму;

B - коефіцієнт, що визначає повноту каталітичного окислення.

Переваги ТХГ є:

- простота конструкції;
- дешевизна;
- можна визначати різні гази.

Недоліки ТХГ:

- необхідність якісного термостатування;
- необхідність високо стабільної витрати газу;

- необхідність високо стабільного джерела живлення;
- низька селективність;
- необхідність попередньо очищати газову суміш від непотрібних складових;
- вибухонебезпечність.

1.2.2 Термокондуктометричний метод

Термокондуктометричний метод вимірювання концентрації аміаку оснований на вимірюванні теплопровідності суміші (газу). Теплопровідність газів процес передачі теплоти, що здійснюється шляхом хаотичного теплового руху молекул і атомів при зіткненні між собою, які мають різну кінетичну енергію (температуру).

Кількість теплоти Q , що проходить за час τ під впливом градієнта температури $\frac{dT}{dL}$ через площинку S в напрямку до нормалі цієї площинки в сторону спадання температури:

$$Q = -\lambda \cdot S \frac{dT}{dL} \cdot \tau \quad (1.2.2)$$

Де λ - теплопровідність.

Із кінетичної теорії газів теплопровідність визначається:

$$\lambda = \frac{\varepsilon C v a \nabla}{2d^2 \left(1 + \frac{C}{T}\right)} \quad (1.2.3)$$

де ε - коефіцієнт, що визначає обмін енергією при зіткненні двох молекул (для одноатомних газів $\varepsilon = 2,5$; для двоатомних $\varepsilon = 1,9$; для трьохатомних $\varepsilon = 1,75$);

Cv - теплоємність 1 грама молекули при постійному об'ємі;

a - стала;

∇ - середня швидкість молекули;

d – діаметр молекули;

T - абсолютна температура.

Отже, коротко запишемо, що термокондуктометричні газові аналізатори – це газоаналізатори, принцип роботи яких формується на основі залежності теплопровідності аналізованої повітряної суміші, від кількості компоненту, що визначають. Принцип роботи та конструкція дозволяють зазначити ряд переваг та недоліків термокондуктометричних газових аналізаторів. До переваг необхідно віднести наступне:

- 1) конструкції термокондуктометричного газового аналізатору є простотою;
- 2) термокондуктометричний газовий аналізатор має широкий динамічний діапазон;
- 3) високий поріг чутливості до вимірювання аміаку, що робить такий газовий аналізатор прекрасним високоточним приладом який може працювати з малими концентраціями;
- 4) термін придатності термокондуктометричного аналізатору є великим;
- 5) висока надійність експлуатаційних технічних показників;
- 6) аналізатор спроможний проводити вимірювання у екстремальних робочих умовах;
- 7) висока точність вимірювання.

До недоліків ТКГ слід віднести наступне:

- 1) потребує засобів стабілізації напруги;
- 2) вимірює у відносних одиницях, адже у абсолютних виникає ряд складнощів. Відносні одиниці прив'язані до теплопровідності;
- 3) потребує постійної термічної стабілізації первинного вимірювального перетворювача;
- 4) аналізатор має малу селективність вимірювання.

Даний метод нераціонально використовувати для вимірювання концентрації аміаку в промислових приміщеннях, тому що: - висока залежність інформаційного параметру від температури навколишнього середовища; - великі розміри приладу. Прилад працює наступним чином: суміш, що аналізується з параметром x подається на вхід СПП, після чого вже

нормалізована АГС з параметром x_n подається у ПВП, а саме в БЧЕ. При необхідності температуру БЧЕ за допомогою нагрівача підіймають до необхідного значення. АГС подаючи в БЧЕ буде нагріватись пропорційно теплопровідності газу або газової суміші, при цьому вона змінить температуру чутливого елементу, а відповідно і його опір. Зміна опору буде пропорційна параметру, що аналізується. Потім ця величина за допомогою вимірювальної схеми перетворюється у вихідну напругу, яка пропорційна концентрації. Далі сигнал $U_{\text{вих}}$ поступає у ВВП. У цей час проаналізована газова суміш поступає з БЧЕ в блок утилізації проби.

1.2.3 Фотоколориметричний метод

Робота фото колориметричних (ФК) газоаналізаторів основана на кольоровій вибірковій реакції хімічної взаємодії між компонентом газової суміші, концентрація якого визначається, і індикаторною смужкою.

Фотоколориметричний метод газового аналізу має ряд переваг, порівняно з іншими методами. Першою перевагою є чутливість аналізу ФК методом, так як можливе накопичення визначаємого компонента в індикаторній смужці. Іншими словами, підвищення кількості аналізуємого газу, який проходить крізь індикаторну смужку, дозволяє підвищити чутливість ФК методів. Другою перевагою ФК методу аналізу є його висока вибірковість, яка визначається специфічністю підбраної хімічної реакції між компонентом газової суміші, який ми визначаємо, і індикаторною смужкою. Третьою перевагою ФК методів аналізу є можливість створення як універсальних конструкцій ФК газоаналізаторів, так як один і той же прилад з різними індикаторними смужками може бути використаний для визначення різних газів.

У стрічкових ФК газоаналізаторах, у порівнянні з рідинними приладами, утворюються кращі умови для абсорбції аналізуємого компонента газової суміші індикаторною речовиною, так як газ при проходженні крізь стрічку більш диспергується, ніж у розчині. У зв'язку з цим збільшується значення ступеня абсорбції аналізуємого компонента. Таким чином, стрічкові ФК

газоаналізатори мають більшу чутливість, у порівнянні з рідинними.

Значно простішу конструкцію мають стрічкові ФК газоаналізатори, основані на вимірювальній схемі не з оптичною, а з електричною компенсацією.

Схема оптична принципова ФК стрічкового газоаналізатора показана на рисунку :

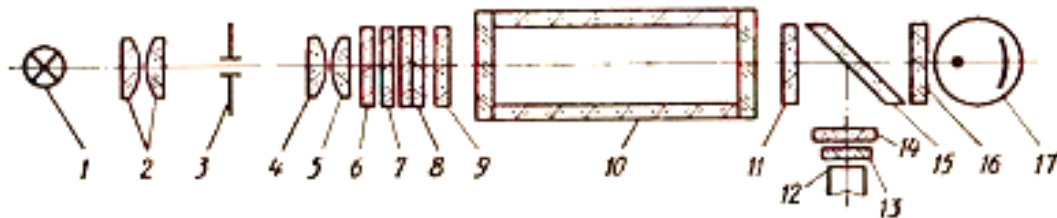


Рисунок 1.2.3 – Принципова оптична схема фотоколориметра

1 – джерело випромінювання; 2 – теплозахисний світлофільтр;

3 – нейтральний світлофільтр; 4 – кольоровий світлофільтр; 5 – кювета з досліджуваною сумішшю; 6 – пластина, яка розділяє світловий потік на два потоки; 7 – фотодіод; 8 – фотоелемент

Крім того, значно спрощується настройка приладу, корекція його чутливості, компенсація температурних впливів чи зміна межі вимірювання, так як всі ці операції зводяться до зміни одного чи декількох опорів у вимірювальному ланцюгу, що практично ніколи не спричиняє труднощів.

1.2.4 Оптико – абсорбційний метод

У процесі абсорбції аміаку приймає участь вода. З її участю формуються реакції та приймають участь спеціалізовані вузли без яких метод не буде працювати. Назвемо таку частину водною системою з вузлів, що утворюється з послідовних спеціалізованих накладок та тарілчастих колонок, що під тиском у 1,6 МПа та температурою у 60 °С наприкінці цієї реакції отримуємо аміачну воду. Ступінь фіксації аміаку з газової повітряної суміші дорівнює майже 100%. Тому можемо сказати, що даний метод є професійним та технічно досконалим.

Абсорбція аміаку з газів - найбільш раціональний спосіб вилучення

великих кількостей речовини. При цьому представляється можливим повністю утилізувати аміак і підстави. Однак досить часто виникає необхідність отримувати від газів порівняно невеликі кількості речовин. Особливо це відноситься до замкнутих систем вентиляції побутових і виробничих приміщень.

Методика абсорбції необхідних газів формується на убиранні однієї чи декількох речовин водою, що в даному випадку називається абсорбент. При проведенні експериментальних досліджень або конструюванні нового приладу чи вимірювальної системи необхідно враховувати технічні характеристики та властивості сорбенту, також слід не забувати про його ступінь розчинності й про температуру і тиск при абсорбції необхідного газу. Також слід вказати, що швидше відокремлюються гази за технологічної умови вимірювання - високої температури. Існує класифікатор ступеня розчинності газів у рідинах (воді, лугах, кислоті). До газів, що швидко розчиняються у рідині (воді, лугах, кислоті), вважають ті гази, коли за умови 0 °C та парціальному тиску 102 кПа, розчинність газу дорівнює сотні грамів на 1 кг розчиннику.

Метод абсорбції полягає в поділі газоповітряної суміші на складові частини шляхом поглинання одного або декількох газових компонентів поглиначем (абсорбентом) з утворенням розчину. Склад абсорбенту вибирається з умови розчинення в ньому поглинається газу. Наприклад, для видалення з технологічних викидів таких газів, як аміак, хлористий водень і інші речовини. Доцільно застосовувати в якості поглинальної рідини воду, для уловлювання водяної пари - сірчану кислоту, а ароматичних вуглеводнів (з коксового газу) - в'язкі масла.

Очищення газів від оксидів азоту здійснюють каталітичним відновленням. Відновлювачем може служити аміак, який дозують в гази після абсорбції перед реактором-нейтралізатором. Також відновлювачем може служити також метан (природний газ). Останній зручно використовувати при організації енерготехнологічної системи.

Десорбція аміаку з низькоконцентрованих стічних вод коксохімічного виробництва пов'язана зі значною витратою пару і збільшенням, внаслідок

цього обсягів стічних вод і очисних споруд. Тому з'являються пропозиції десорбувати аміак при нагріванні циркулює коксівним газом, повертаючи останній на абсорбцію.

Для повноти абсорбції аміаку в сатураторі за допомогою переливної труби підтримується постійний рівень маточного розчину (200 мм). Кислий розчин сульфату амонію періодично відводять з сатуратора і направляють на нейтралізацію газоподібним аміаком. Після досягнення нейтральної реакції розчин перекачують в цех сульфату амонію і переробляють в кристалічний товарний продукт. Очищений газ, що містить не більше $0,008 \text{ г / м}^3 \text{ NH}_3$, викидається в атмосферу.

При поглинанні аміаку з газів, що містять діоксид вуглецю, слід мати на увазі, що швидкість абсорбції останнього лімітується дифузією в рідкій фазі. Тому доцільніше застосовувати для абсорбції апарати, в яких можливе невелике час контактування «інтенсивне перемішування газової фази (турбулентна дифузія). При цьому зменшується ступінь абсорбції і того і іншого компонента газової суміші, але повнота поглинання діоксиду вуглецю виявляється особливо малої. Невеликий час контактування застосовують і при селективному поглинанні сірководню аміачною водою з коксового газу, що містить велику кількість CO_2 .

Найбільш повно аміак може бути витягнутий з газів розчинами сильних кислот з отриманням сольових товарних продуктів. При цьому в якості абсорбентів використовують кислоти, що утворюють слабо гідролізуючі або не гідролізуючі солі (наприклад, сірчану, азотну, в меншій мірі фосфорну кислоти). Ми не будемо розглядати процес поглинання аміаку азотною кислотою, який є складовим елементом виробництва одного з найбільш масових азотних добрив - нітрату амонію. Нейтралізацію при цьому ведуть, як правило, чистим аміаком. Азотна ж кислота для абсорбції аміаку з газів використовується вкрай рідко, якщо не брати до уваги процеси виробництва карбаміду по відкритій схемі.

Абсорбційний оптичний метод аналізу газів з повітряної суміші, або рідини формується на функції поглинання випромінювання атомами і

молекулами речовин, які необхідно відфільтрувати. На теперішній час у науково-технічній літературі описуються чотири основні методи оптико-абсорбційні, у основі яких закладено функціонал поглинання випромінювання та трансформування утвореної надлишкової енергії при збудженні молекул газу. Перший метод атомно-абсорбційного аналізу формується на визначенні коефіцієнту поглинання речовини, що визначається (фільтрується). Другий метод має назву молекулярного абсорбційного аналізу, у назві цього методу закладено основи вимірювання поглинання випромінювання молекулами та іонами речовин, що вимірюються. Третій метод атомно-абсорбційного аналізу отримав назву нефелометричного. В його основі закладено вимірювання розсіювання випромінювання газу або речовини, що міститься в об'ємі повітряної суміші. Четвертий метод атомно-абсорбційного аналізу отримав назву – люмінесцентний. Такий метод створено на вимірюванні випромінювання, що утворюється під час виділення надлишкової енергії молекулами речовини, що знаходиться у збудженому стані та аналізується.

Будь – яка речовина має характерний для неї спектр поглинання, який використовується а абсорбційному методі для проведення якісного і кількісного аналізу компонентів речовини. Таке різноманіття модифікацій методу атомно-абсорбційного аналізу стало поштовхом для широкого застосування при проведенні кількісного аналізу складу речовин у повітряній суміші та аналізу складних речовин. Такі технологічні рішення віднайшли свого користувача і й у науково-технічних експертних лабораторіях для проведення експериментальних досліджень та й для вирішення аналітичних, екологічних прикладних завдань. Широкого застосування при аналітичних й екологічних дослідженнях абсорбційні аналізатори досягли з допомогою їх технічних характеристик, що наведено нижче:

- 1) аналізатори мають високі показники вибіркової газів при аналізуванні складних повітряних сумішей або складних речовин;
- 2) чутливість випромінювання є надзвичайно високою;
- 3) аналізатори мають можливість проводити аналітичне дослідження у реальному часі та отримувати динаміку розповсюдження, що є надзвичайно

важливим при розповсюдженні отруйних речовин або речовин, що мають нервово паралітичну дію та шкідливий вплив на органи дихання та роботу серцевої системи людини або тварини;

4) простий для проведення аналітичного дослідження як атомів так і молекул у складних так і у простих сумішей.

Спектральний діапазон застосування абсорбційних аналізаторів для проведення аналітичного дослідження є широким у порівнянні з іншими аналізаторами сумішей, які побудовані на інших методах вимірювання. Спектр аналізованих речовин, з яким працює абсорбційний аналізатор, розпочинається від ультрафіолетового (з довжинами хвиль $\lambda = 12 \div 380 \text{ нм}$) захоплює видимий спектр (з довжиною хвиль $\lambda = 380 \div 760 \text{ нм}$) та захоплює далекий інфрачервоний діапазон (з довжиною хвиль $\lambda = 760 \div 106 \text{ нм}$). Також існує класифікатор абсорбційних аналізаторів за критерієм функціоналу та конструктиву на бездисперсійні і дисперсійні. До аналізаторів, що класифікують як бездисперсійні відносять ті, що виконують аналітичне вимірювання у широкому спектральному діапазоні. Для впровадження даного методу використовують джерело випромінювання в широкому або повному спектрі довжин хвиль. Однак, існує обмеження щодо вибору джерела випромінювання, а саме, воно не повинно мати диспергуючих елементів. До аналізаторів, що класифікують як дисперсійні відносять ті, що виконують аналітичне вимірювання у вузькому спектрі довжин хвиль, бувають випадки коли використовують світлові фільтри для виокремлення однієї довжини хвилі. Хочемо зазначити, що бездисперсійним аналізаторам притаманна простота конструкцій, що в свою чергу ще й з фінансового боку є бюджетнішими. Проте, бездисперсійні аналізатори мають недолік, а саме, низьку вибірковість (селективність) вимірювання необхідної аналізованої речовини у складних за складом сумішах. Чого не скажеш про дисперсійний аналізатор. Бездисперсійні аналізатори мають ряд переваг у порівнянні з дисперсійними аналізаторами. Це стосується чутливості сприйняття випромінювання від аналізованої речовини.

Переваги оптичного абсорбційного методу:

- 1) для абсорбційного методу використовують весь спектр електромагнітних коливань;
- 2) висока швидкодія;
- 3) метод має високу чутливість і вибірковість;
- 4) широкий діапазон вимірювання концентрації аміаку;
- 5) висока точність вимірювання.

Недоліки:

Одним з найголовнішим недоліком даного методу є те, що при аналізі складних сумішей, коли лінії поглинання окремих речовин перекриваються та результати визначення стають неточними чи зменшується селективність, що характерно головним чином для без дисперсних газоаналізаторів.

Адсорбційна очистка газів найбільш ефективна при обробці газів великих обсягів з малим вмістом домішок, наприклад для тонкого очищення технологічних газів від сірчистих сполук і діоксиду вуглецю у виробництві аміаку; очищення ацетилену; очищення газів. Під час виділення парів отруйних газів технічно грамотно та небезпечно використовувати метод адсорбції. Для цього необхідно зменшити до одиниць ppm та нижче. Так, багато забруднювачі з сильним запахом можна виявити при утриманні їх в повітрі близько 100 млрд 1, тому для фільтрування запаху концентрацію забруднювача слід знизити ще більше, чого, як правило, неможливо досягти іншими способами очищення, крім адсорбції.

1.3 Обґрунтування обраного методу визначення концентрації аміаку

Під час збору матеріалів для виконання бакалаврського проекту мені було запропоновано взяти участь в експериментальному дослідженні по створенню тонких чутливих плівок для вимірювання концентрації забруднюючих речовин, а саме - парів аміаку. Виходячи з проведеного аналізу методів вимірювання концентрації аміаку на птахопромисловостях був обраний фотоколориметричний метод вимірювань, заснований на вимірюванні зміни кольору чутливого елемента, «біосенсора». Запропонований метод

дозволяє розробити досить простий у використанні і разом з тим недорогий прилад з досить високою точністю вимірювання концентрації. Крім того, проведені експерименти показали, що розроблений ПВП має ряд істотних переваг перед аналогічними методами. До цих переваг можна віднести наступне: - простота ПВП, мала кількість елементів; - висока відтворюваність результатів вимірювань, достатньо малий час вимірювання концентрації, і невелика відносна похибка вимірювання. Розроблений ПВП вимірювання концентрації аміаку на дозволяє створити недорогий прилад для вимірювання, як на птахопромисловостях, так і на інших агрокомплексах, крім цього, при невеликій модернізації можна створити пристрій контролюючий склад повітря в сільськогосподарських приміщеннях.

1.4 Огляд сучасних аналогів приладу для вимірювання концентрації аміаку

1.4.1 Універсальний переносний газоаналізатор типу УГ – 2

Для проведення аналітичного дослідження повітряної суміші на вміст хімічних речовин користуються універсальним переносним газоаналізатором типу УГ – 2, зображення якого наведено на (рис. 1.4.1). Його широко використовують при проведенні аналітичного дослідження та визначення у повітрі корпусів та загонів птахоферм концентрації аміаку та інших газів. Проте, дотримуючись технічного завдання до дипломного проекту, де чітко зазначено газ для дослідження (аміак), ми розглядаємо можливість вимірювання концентрації саме його.

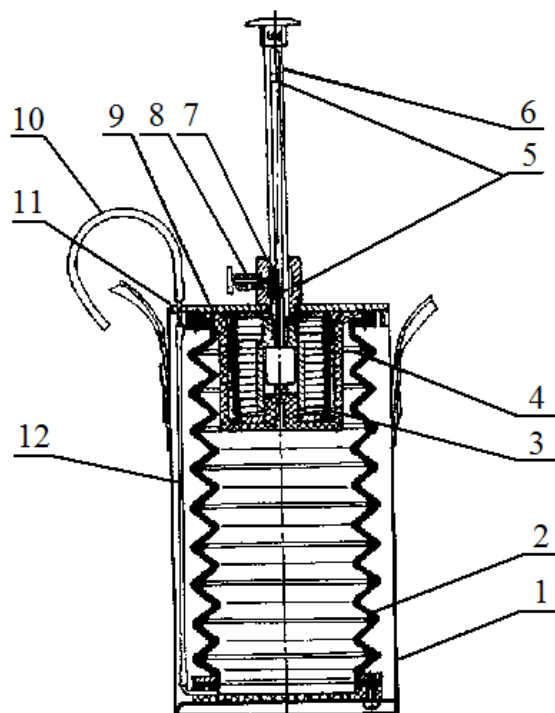


Рис. 1.4.1 Універсальний переносний газоаналізатор типу УГ – 2

До стандартного комплекту газоаналізатору входять наступні пристрої та засоби: по-перше, пристрій для відбору проби повітря з повітряної суміші; по-друге, індикаторний порошок, в- третє, скляні трубки; в четверте, вимірювальна шкала; в -п'яте, лійка.

При дослідженні граничних концентрацій газів у об'ємі повітряної суміші, що було засмоктано необхідно, щоб показники газів, які досліджуються дорівнювали: 200 мілілітрів (аміак, оскільки, у дипломному проєкті об'єктом дослідження є саме цей газ, тоді ми будемо обмежуватись саме ним).

Тривалість основних функціональних дій вузлів аналізатору та хімічних реакцій можемо описати таким чином: хід штоку до моменту повного заглиблення відбувається на протязі часу від 30 до 60 секунд; тривалість повного засмоктування дорівнює 120 секунд; при наявності в аналізуючій суміші газів аміаку відбувається хімічна реакція, яка відображається на індикаторі зміною кольору з світло-коричневого на червоний (однак, за умови якщо концентрація аміаку в газі не менша за 30 мг/м^3). Наступним етапом при вимірюванні є закріплення трубки для звільнення повітряної суміші до шкали, в середині якої засипано індикаторний порошок. За висотою порошку який

вступив у реакцію (зміна кольору) визначають концентрацію аміаку.

Коротко зробимо висновок, що універсальний переносний газоаналізатор типу УГ-2 призначений для визначення вмісту в атмосфері повітря наступних газів або парів речовини при температурі від 10 до 30 ° С і вмісті пилу не більше 40 мг / м сірчистого ангідриду, парів етилового ефіру, ацетилену, оксиду вуглецю, сірководню, хлору, аміаку, оксидів азоту, бензину, бензолу, толуолу, ксилолу, ацетону, вуглеводнів нафти. Похибка показань приладу становить 10% від верхньої межі. Тривалість проведення одного аналізу 2 - 10 хвилин. Маса повітрязабірного пристрою 1,3 кг. Габаритні розміри 95 x 95 x 200 мм.

1.4.2 Газоаналізатор Н – 320 для безперервного виміру аміаку

Газоаналізатор Н – 320 призначений для вимірювання концентрації аміаку в атмосферному повітрі. Газоаналізатор представляє собою прилад безперервної дії. Конструктивно газоаналізатор виконаний у двох блоках. Вимірювальний блок і блок конвертера. Газоаналізатор Н – 320 використовується як автономно, так і у складі вимірювальних аналітичних комплексів. Застосування газоаналізатора Н-320: Газоаналізатор може застосовуватись у пересувних та стаціонарних лабораторіях для контролю складу атмосфери.

Газоаналізатор представляє собою газовий компаратор, в основу роботи якого покладено хемілюмінесцентний метод визначення концентрації діоксиду азоту.

Сутність цього методу полягає в тому, що хімічна взаємодія молекул діоксиду азоту з датчиком супроводжується люмінесценцією. Інтенсивність хемілюмінесценції пропорційна вмісту діоксиду азоту в аналізованій газовій суміші. Конвертер окисляє аміак киснем повітря до діоксиду азоту.



Рис. 1.4.2 - Зображення газоаналізатору Н- 320 для безперервного виміру концентрації аміаку

Таблиця 1.4.2 Технічні характеристики газоаналізатора Н-320

Характеристика	Значення
Діапазон виміру концентрації аміаку, мг/м ³	0 1000
Основна відносна похибка, %	± 25 при (200 1000) мг/м ³
Вихідний сигнал, мА	0 5 або 4 20
Напруга живлення, В	220
Габарити вимірювального блоку, мм	482 x 460 x 132
Габарити вимірювального конвертера, мм	482x420x132
Маса вимірювального блоку, кг	12
Маса конвертера, кг	10
Середній термін служби, років	6
Робочий діапазон температури навколишнього середовища, С	+ 10...+ 35
Відносна вологість повітря, %	До 95

Діоксид азоту аналізується вимірювальним блоком газоаналізатора, і отримане значення перераховується на аміак процесором. Газоаналізатор

працює в автоматичному режимі вимірювань. Прилад забезпечує безпосереднє відображення на цифровому табло поточної концентрації аналізованого газу або усереднених значень виміряної концентрації за 20, 40 або 60 хвилин вимірювань (при поставці з блоком внутрішньої пам'яті). Переваги газоаналізатора Н-320: У газоаналізаторі переважна більшість підключення самописних приладів, встановлений інтерфейс RS-232, додатковий струмовий вихід 0- 5 мА (або 4- 20 мА). Газоаналізатор має вбудовану програму «Автотест» для контролю роботи елементів приладу. Прилад має вбудований насос.

1.4.3 ІТ – М індикатор горючих газів

Призначений для виявлення місць витoku і індикації збільшення (зменшення) вмісту горючих газів у атмосфері відносно рівня, умовно прийнятого нульовим (рівень фону). Індикатор може бути використаний для виявлення місць виявлення витoku зрідженого та природного газів, а також аміаку з газопроводів, арматури і технічного обладнання у вибухонебезпечних зонах приміщень і відкритих просторів. Область застосування: на об'єктах газових господарств, в підвалах, свердловинах, а автомобільних господарствах, на заправках, при експлуатації холодильного устаткування. Принцип роботи термохімічний. Спосіб забору проби дифузійний.



Рисунок 1.4.3 ІТ-М індикатор горючих газів

Індикатор виконаний у вибухонебезпечному виконанні. Безперервна

світлова індикація червоного кольору (світлодіодна шкала «1», «2», «3»), свідчить про збільшення (зменшення) об'ємної частки горючих газів щодо фонового значення і супроводжується звуковою сигналізацією з частотою, що змінюється повторення.

Таблиця 1.4.3 Технічні характеристики індикатора горючих газів ІТ-М

Характеристика	Значення
Чутливість, % об.	0,025
Час видачі індикації, с	3
Час прогріву, с	60
Температура навколишнього середовища, °C	від - 40 до + 50
Довжина кабелю між датчиком і приладом, м	2,0
Час роботи без підзарядки, год	при $T = (20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ не менше 7
Габаритні розміри блоку індикації, мм	85 x 130 x 46
Маса блоку індикації, кг	0,42

Основні переваги індикатору горючих газів перерахуємо нижче:

- володіє підвищеною чутливістю навіть в порівнянні з мильною емульсією;
- індикатор відбувається за фоновією концентрацією при виявленні місць витоку в загазованій зоні;
- висока швидкодія;
- можливість роботи у вибухонебезпечних зонах;
- конструкція приладу дозволяє закріплювати його на поясі або на кишені;
- малі габарити та маса.

2 РОЗРАХУНКОВО – КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Експериментальні дослідження

Визначення елементів, взаємодіючих з парами аміаку. Провівши ряд експериментів по визначенню впливу парів аміаку на різні хімічні елементи, було отримане наступне:

- у розроблюваному чутливому елементі біосенсорі необхідна присутність: тетрабутоксититана, флуоресцеїна, ацетону та ізопропилового спирту;
- визначення оптичних характеристик біосенсора проводилися наступним чином:
 - біосенсор поміщався в спеціальну кварцову кювету, і прокачували газову суміш, що містить аміак.
 - фотоелектричним підсилювачем реєструвалися зміни, а різний вміст компонентів у біосенсорі по-різному відгукувався на присутність аміаку.

Таблиця 2.1 Елементи, що взаємодіють з парами аміаку

Варіант	Вміст компонентів, %				Світло-пропускання, %	Гідро Фоб-ність, град	Адгезія %	Час відновлення, с
	Тетра-батовититан	Флуоресцен	Ацетон	Ізопропиловий спирт				
1	5	0,001	5	88	87	70	7	33
2	10	0,005	15	68	84	76	10	27
3	5	0,005	5	83	87	82	10	26
4	8	0,001	15	74	86	86	9	24
5	5	0,025	5	81	84	84	7	30
6	8	0,05	10	81	87	82	8	25
7	10	0,03	10	81	87	80	7	47
8	10	0,01	5	78	86	78	8	48

9	8	0,02	15	60	84	74	7	59
10	5	0,05	10	65	86	70	9	54

Провівши експерименти можна зробити висновок: Найбільш придатним по кількісному складу біосенсор можна вибрати, використовуючи 3 і 4 варіанти, тому що вони мають найкращу проникненість, максимальну адгезію і гідрофобність, найменший час відновлення після впливу аміаком. З результатів експерименту можна зробити висновок, що найкращим плівкоутворюючим складом буде суміш: КО-85 – 14%, АГМ-9 – 2%, червоний – 3%, ацетон – 81%. Цей плівкоутворюючий склад має максимальну адгезію, гідрофобність та високу проникненість. [6, 7, 8]

2.1.1 Одержання і нанесення тонко плівкового покриття на підложку

Для одержання і нанесення плівки був використаний стіл провізорський лабораторний СПЛЗ. На цьому столі містяться наступні прилади і установки:

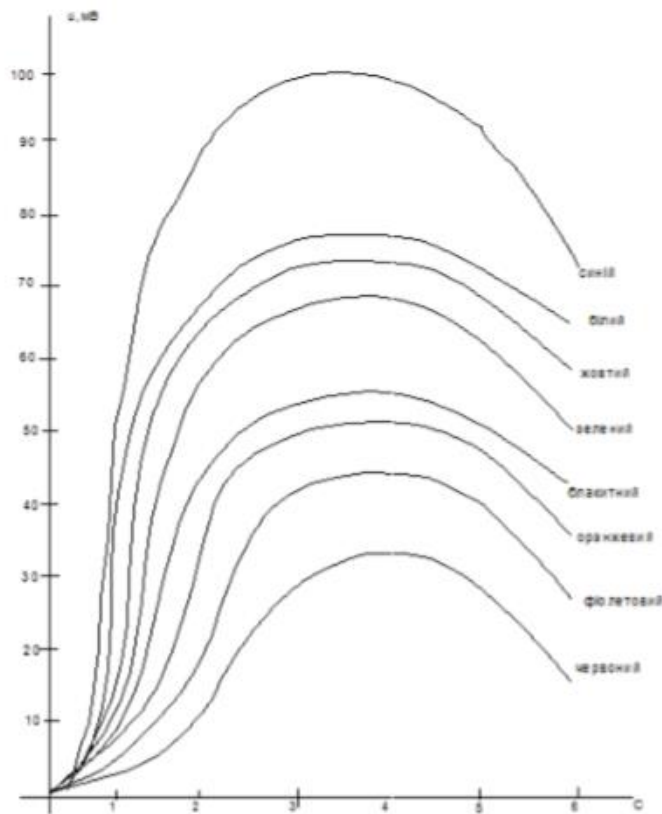
- 1 - Стіл на ніжках.
- 2 - Прецизійні ваги.
- 3 - Ультразвуковий змішувач, який служить для більш повного розширення необхідних компонентів.
- 4 - Центрифуга.
- 5 - Термостат.
- 6 - Механічна міксер, що може забезпечувати змішування компонентів для одержання тонкоплівочного покриття. Частота обертання при перемішуванні може плавно змінюватись від 300 до 2500 об/хв. Обсяг розчинів, що перемішуються, від 50 до 100 грам.

В очищену пробірку вводимо необхідну кількість компонентів для створення плівки. Пробірку закріплюємо в штативі. Опускаємо пробірку в шток електромеханічної мішалки. Змішування суміші робимо на протязі 10 хв.

Після цього пробірка щільно упаковується і поміщається в ультразвуковий змішувач. На цьому ультразвуковому змішувачі суміш продовжує перемішуватися на протязі 30 хвилин. Після цього пробірка витримується на протязі 1,5 години в спокійному стані. За допомогою гідронасоса перекачується крапельницею. Під крапельницею розташовується центрифуга. У затискач, розташований на осі обертання ротора центрифуги кріпиться підкладка виконана з кварцового скла. Центрифуга включається. Швидкість обертання ротора 2500 об/хв.. За допомогою двох медичних шприців на підложку наноситься два кубики спирту. Через 15 секунд наноситься два кубики ацетону. Після цього через крапельницю на підложку подається підготовлений раніше розчин. Через 30 секунд після висихання плівки, підложку з чутливою плівкою виймаємо з центрифуги і поміщаємо в термостат при температурі 50 °C на 30 хвилин.

2.1.2 Визначення спектру

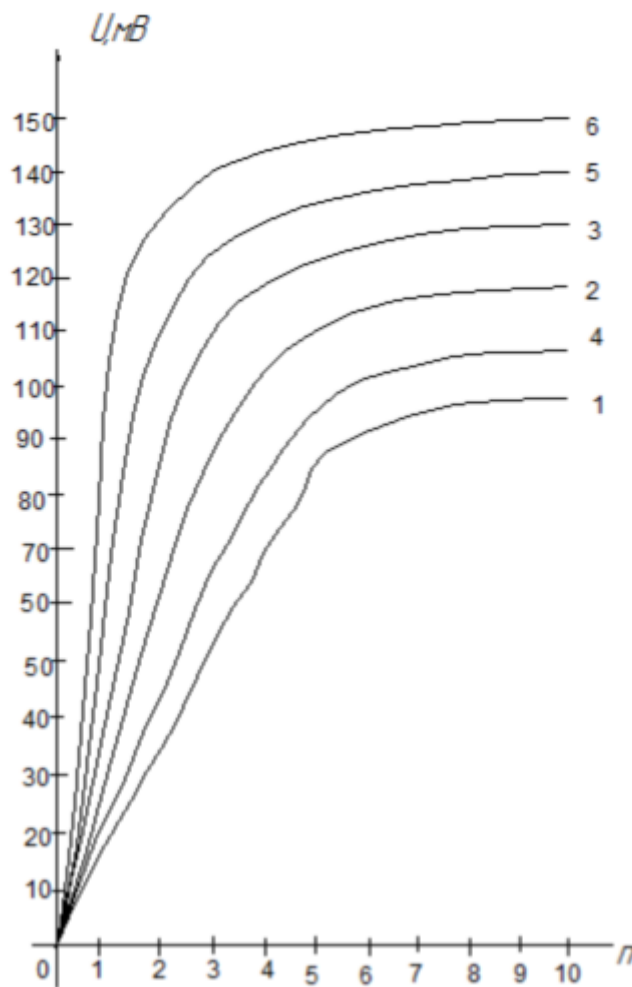
Для створення ПВП і для поліпшення його характеристик необхідно визначити спектр випромінювання, у якому найкраще буде себе виявляти розроблений біосенсор. В установку, яка складається з джерела випромінювання, гнізда для світлофільтрів, кювети з тонкою чутливою плівкою та приймача випромінювання. Були проведені наступні експерименти: В гніздо для світлофільтру послідовно вкладалися наступні фільтри: білий, червоний, жовтий, зелений, голубий, синій, фіолетовий і через кювету пропускався газовий потік з різними концентраціями аміаку. Отриманих даних були побудовані графіки. З цих графіків видно, що найбільша чутливість плівки виникає при червоному фільтрі (синьому). Тому в первинно вимірювальному перетворювачі будемо застосовувати фільтр червоного кольору з довжиною хвилі $\lambda = 630$ нм.



Графік 2.1.2 – Зображення спектрів поглинання

2.1.3 Визначення кількості плівок

При створюванні вимірювальної кювети необхідно визначити, яка кількість шарів біосенсора є необхідною. Оскільки шар дуже тонкий і реєстрація змін дуже скрутна, а збільшення товщини шару погіршує динамічні характеристики. На макетній установці в досліджуваній кюветі містилась різна кількість підложок з нанесеними на них чутливими біосенсорами. Результати цих вимірювань зведені у таблицях. За даними були побудовані графіки. З цих графіків можна зробити висновок, що найбільш оптимальна кількість плівок для аміаку дорівнює 6. За результатами цього експерименту і була розроблена вимірювальна кювета.



Графік 2.1.3 – Визначення кількості плівок

2.1.4 Перевірка відтворюваності світлочутливої плівки

Для створення гарного приладу необхідно визначити, як впливає час і кількість іспитів на хіміко - фізичні властивості чутливого елемента. У зв'язку з цим на розробленому макеті були проведені експерименти з 6 чутливими плівками.

Перший експеримент У кювету, з розміщеними чутливими елементами, подавався газовий розчин аміаку. Вихідний сигнал з фотоелектронного помножувача фіксувався на самописці, після чого чутливі елементи з кювети витягалися і розміщувалися в чашку Піта. Через деякий час чутливі елементи знову розміщувалися в кювету і у неї подавався газ, з тим же вмістом аміаку. Результат фіксувався на самописці.

Другий експеримент Через кювету подавався газ з відомою концентрацією аміаку. Результат реєструвався на самописці. Після цього робили 100 циклів навантаження і розвантаження чутливої плівки. Потім знову прокачували газ з відомою концентрацією, і результат записувався на самописці.

2.2 Вибір та розрахунок основних елементів ПВП

Будь-який первинний вимірювальний перетворювач призначений для безпосереднього перетворення фізичної величини в електричний сигнал. В залежності від методу, який застосовується для вимірювання цієї фізичної величини ПВП буде складатися з різних елементів. Для створення якісного приладу необхідно ретельно розрахувати всі елементи ПВП. В основі одного каналного газоаналізатору парів аміаку лежить фото колориметричний метод аналізу. Оптична схема первинного вимірювального перетворювача приведена на рисунку.

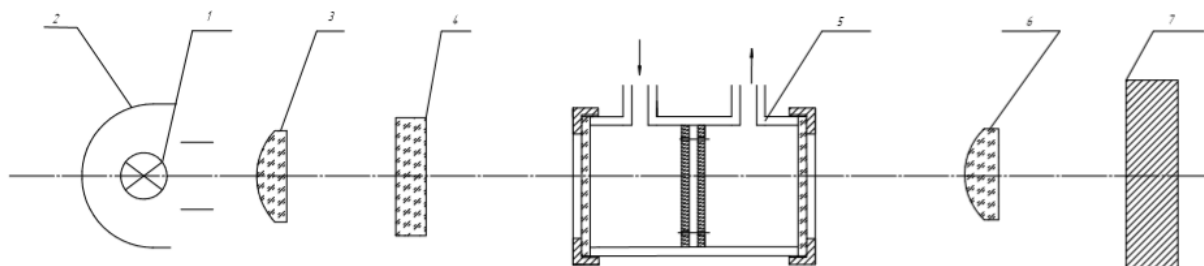


Рисунок 2.2 – Оптична схема для вимірювання концентрації аміаку

Світловий потік випромінюється від джерела випромінювання (1). Еліпсоїдний відбивач (2) служить для того, щоб зібрати максимальну кількість променів світла, що випромінюється джерелом випромінювання. Як би відбивача не було, то більша частина випромінювання була б втрачена і коефіцієнт корисної дії такої системи був би дуже низьким. Надалі потік випромінювання проходить через один лінзовий конденсор (3), який формує паралельний пучок випромінювання. Далі випромінювання проходить через

світлофільтр (4), який вирізає потрібний діапазон в спектральній області. Після цього випромінювання проходить через вимірвальну кювету (5) і потрапляє на приймач випромінювання (7).

2.2.1 Вибір джерела випромінювання

Спектр поглинання аміаку найкраще проявляється в діапазоні довжин хвиль (630-770) нм. Завдання джерела випромінювання в даному ПВП – створити світловий потік достатньої потужності, для можливості його реєстрації на приймачі випромінювання після проходження всіх елементів схеми приладу та після поглинання парами вимірвальної суміші.

Зазвичай прийнято використовувати для створення випромінювання в нашій області (спектр червоного кольору) звичайні лампи розжарювання, або спеціалізовані оптичні або вимірвальні лампи, призначенні для створення атестованого випромінювання в необхідному спектральному діапазоні. Однак такі джерела випромінювання мають ряд недоліків, серед яких великі габарити, мала світлова віддача.

Названих недоліків позбавленні джерела випромінювання – світлодіоди, які в наш час вже мають достатньо великі потужності і світловіддачу в заданому діапазоні. Такі світлодіоди спеціально розроблені для портативних установок і мають гарний тепловий режим, мале енергоспоживання, тощо. Після проведення пошуку конструктивних елементів було обрано світлодіод АЛ-307, які спеціально розроблені для вирішення задач газоаналізу.

Характеристика світлодіода АЛ-307 наступні:

- колір освітлення – червоний;
- довжина хвилі – 665 нм;
- постійний прямий струм – 10 мА;
- постійна пряма напруга – 2 В;
- постійна обернена напруга – 2 В;
- постійний максимальний прямий струм – 22 мА.

2.2.2 Розрахунок аналогового підсилювача

За даними завдання на виході ПВП для вимірювання концентрації аміаку ми повинні отримати сигнал напругою сталого струму 2 В. Отже, для підсилення сигналу ми використовуємо аналоговий підсилювач.

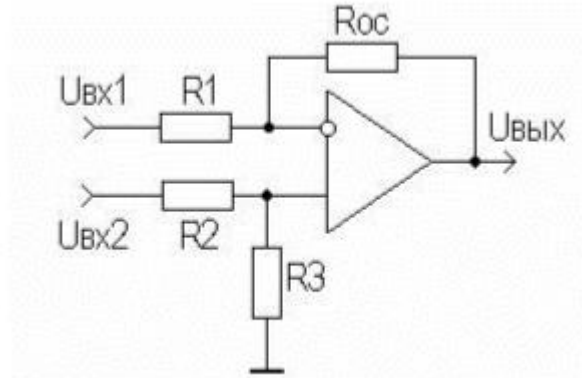


Рисунок 2.2.1 – Схема аналогового підсилювача

Вважаємо, що ідеальний аналоговий підсилювач має наступні ідеальні характеристики:

- коефіцієнт підсилення напруга при розімкненому колі ОЗ $K = \infty$;
- вхідний опір $R_{вх} = \infty$;
- вихідний опір $R_{вих} = \infty$;
- ширина смуги пропускання рівна нескінченності (нескінченно протяжна амплітудно – частотна характеристика);
- $U_{вих} = 0$, при відсутності напруги зміщення нуля $U_{ЗМ} = 0$;

Крім цього підсилювач не має статичних, а також шумових та дрейфових помилок, які проявляються в діапазоні температур та з плином часу. Для ідеального ОП коефіцієнт підсилення $K_0 = \infty$ і якщо вихідна напруга $U_{вих}$ має кінцеве значення, на вході напруга $U_{вх} = U_{вих} / K_0 = 0$, тоді $U_{вх} = U$.

Розрахуємо коефіцієнт підсилення, якщо напруга на виході підсилювача має бути 12 В, а вхідна напруга становить 0,36 В

Використаємо формулу:

$$K = U_{вих} / U_{вх},$$

де $U_{вих}$ - вихідна напруга;

$U_{вх}$ – вхідна напруга;

K – коефіцієнт підсилення.

$$K = 12/0,36 = 33,3$$

Коефіцієнт підсилення підсилювача визначається відношенням двох резисторів R_1 та R_2 . Щоб визначити його застосуємо формулу наступну:

$$K = \frac{R_1}{R_2}$$

Скориставшись формулою підберемо значення резисторів, номінали яких становлять $R_1 = 3,3$ кОм, а $R_2 = 100$ Ом.

$$K = 3,3 \cdot 10^{-3} / 100 = 0,033 \cdot 10^{-3}$$

Розраховуємо максимальну напругу за формулою:

$$U_{n\max} = \sqrt{2 \cdot R_3 \cdot R_{oc}} = 2 \cdot 4 \cdot 120 = 30,98 \text{ В} \quad (2.2a)$$

Визначення максимального струму:

$$I_{n\max} = \frac{U_{n\max}}{R_c} = \frac{30,98}{4} = 0,26 \text{ А} \quad (2.2b)$$

2.2.3 Вибір приймача випромінювання

Задача приймача випромінювання – реєструвати потік випромінювання, що пройшов крізь елементи приладу і вимірювальний об'єм, для подальшої його передачі в прилад обробки інформації. Головна вимога, що ставиться до приймача випромінювання – бути якомога краще узгодженим з джерелом випромінювання, (яке в свою чергу узгоджене з спектром поглинання вимірюваного газу) і створювати на виході достатній рівень струму (напруги), для його підсилення.

Було обрано приймач випромінювання G8370. Характеристика приймача наступні:

- фоточутливість – 1 А/Вт;
- струм – 20 нА;
- розмір чутливої площадки – 5 мм;
- розпізнавальна здатність - $5 \cdot 10^{12}$ см·Гц^{1/2}/ Вт;

- розмір апаратури приймача – 12,4 мм;
- довжина приймача 5 мм.

2.2.4 Вибір світлодіоду

При розробці первинного вимірювального перетворювача (ПВП) до аналізатору концентрації аміаку для вимірювання концентрації аміаку найкраще підійдуть круглі світлодіоди серії АЛ-307 з напівсферичною лінзою (дивись у таблицю 2.2.4), бо така конструкція лінзи має властивість збирати світловий потік і фокусувати його в один пучок.

Обираємо світлодіод серії АЛ-307, бо він задовольняє всі вищі зазначені вимоги і має перевагу порівняно з іншими – дає найбільшу силу світла. Як ми раніше навели на оптичній схемі для вимірювання концентрації аміаку саме таке випромінювання нам є необхідним від джерела, що буде надходити до лінзи.

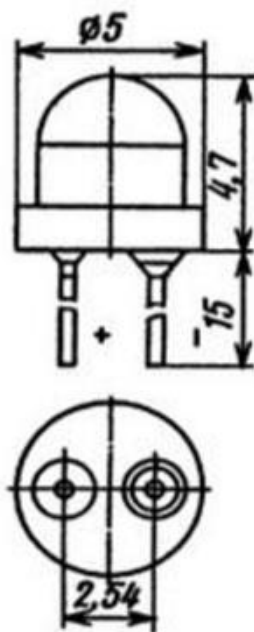


Рисунок 2.2.4 - Світлодіод серії АЛ-307

Таблиця 2.2.4а Круглі світлодіоди з напівсферичною лінзою

Габарити, мм	Серія	Поєднання кольору, яскравості і типу лінзи	Тип лінзи	Сила світла, мКд (при струмі, мА)	Видимий кут, °
5x19, 7	АЛ	SRD03, SURC3 SECK	Л М	2,0... 6,0 (20)	20/ 30
4,5x2,21	КМ-27	ID-08, MGC-03, SGD-03, SGD-08, SRD-03, SRD-08, SURC-03, SYC-03, SYC-08, YD-08	D	10...150 (20)	20/40
3,2x1,6	КРТД-3216	MGC, QBC-C, SEC, SECK, SRC-PRV, SYC, PBVGSRKC	C	70...1200 (20)	40/50

Розміри світлодіоду серії АЛ-307



Характеристика світлодіоду АЛ-307

- колір освітлення – червоний;
- довжина хвилі – 665 нм;
- постійний прямий струм – 10 мА;
- постійна пряма напруга – 2 В;
- постійна обернена напруга – 2 В;
- постійний максимальний прямий струм – 22 мА.

2.2.5 Розрахунок однолінзового конденсора

Нам потрібно розрахувати такі параметри:

- 1) D – діаметр лінзи;
- 2) d – товщина лінзи;
- 3) r – радіус лінзи;
- 4) f – фокусна відстань.

В нашому випадку джерело випромінювання можна вважати точковим (діаметр нагрівача – 2 мм). Отже, фокусна відстань обирається з таких міркувань:

$$f \geq 5d_{д.в.} \quad (2.2.1)$$

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$f \geq 5 \cdot 2 = 10 \text{ мм}$$

В якості матеріалу лінзи вибираємо скло марки Л8. З таблиць знаходимо, що показник заломлення $n = 1,51630$.

Для того, щоб радіус конденсора використовуємо формулу:

$$f = \frac{r}{n-1} \quad (2.2.2)$$

Звідси знаходимо вираз для радіусу:

$$r = f(n-1),$$

$$r = 10 \cdot 0,51630 = 5,2 \text{ мм}$$

Використовуючи ГОСТ 1807-75 уточнюємо значення радіусу:

$$r = 5,248 \text{ мм.}$$

По уточненому значенню радіусу проводимо перерахунок фокальної відстані, використовуючи формулу (2.2.2):

$$f = \frac{5.248}{1.51630 - 1} = 10.16 \text{ мм}$$

Для того, щоб знайти діаметр лінзового конденсора використовуємо формулу:

$$\frac{D}{2} / f = \operatorname{tg} \frac{a}{2} \quad (2.2.3)$$

Звідси знаходимо, що:

$$D = 2 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \frac{a}{2} \quad (2.2.4)$$

Підставивши відомі значення в формулу отримаємо:

$$D = 2 \cdot 10.71 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ = 5.49 \text{ мм}$$

Приймаємо $D = 6 \text{ мм}$.

Для розрахунку товщини лінзового конденсора d використовуємо формулу: $d = 0.2 \cdot D$ (2.2.5)

Підставивши відомі значення діаметру лінзи отримаємо:
 $d = 0.2 \cdot 6 = 1,2 \text{ мм}$

2.2.6 Вибір світлофільтрів

В якості світлофільтру для аміаку обираємо червоне кварцове скло (ГОСТ 15130-79). Параметри світлофільтрів обираємо з конструктивних міркувань діаметр $D = 10 \text{ мм}$; ширина $l = 0,5 \text{ м}$. [10]

В даному газоаналізаторі було вирішено використовувати інтерференційний світлофільтр для виділення необхідного діапазону довжин хвиль. Ці світлофільтри використовують принцип інтерференції на просвітленні покриття. Теорія просвітленості досить складна. Коефіцієнт

такого просвітлення визначається з виразу:

$$n_1 = \sqrt{n_0 \cdot n_2} = 1,557$$

де n_0 - показник заломлення із якого потрапляє промінь на покриття

n_2 - показник заломлення середовища, на яке наноситься розсвітлення.

Таблиця 2.2.6 – Залежність товщин плоских деталей від світлового діаметру.

Дс, м	дс, м	Дс, м	дс, м	Дс, м	дс, м
До 6	$1 \pm 0,4$	18 - 30	$2,5 \pm 0,5$	50 - 80	$6 \pm 0,5$
6 - 18	$1,5 \pm 0,2$	30 - 50	$4 \pm 0,5$	80 - 120	$8 \pm 0,5$
19...				120 - 150	$10 \pm 0,5$

Відповідно до таблиці розмір скелець буде рівним:

$$D = 2,5 \pm 0,5 = 3 \text{ мм.}$$

Показник заломлення середовища повинен бути точно визначений для кожної центральної довжини хвилі спектральних діапазонів в яких працюють подібні світлофільтри.

Товщина слою просвітлення визначається за формулою:

$$d = \frac{\lambda}{4 \cdot n_1}$$

$$d = 630 \text{ нм} / 4 \cdot 1,557 = 101 \cdot 10^{-9} \text{ м,}$$

де λ – центральна довжина хвилі розрахованого спектру.

Так як за основу методу аналізу ми взяли колориметричний метод, то розрізняють три типи світлофільтрів: 1) кольорові скла; 2) плівки з желатин або іншого матеріалу, пофарбованого органічними барвниками; 3) рідинні світлофільтри - розчини різних речовин, налиті у відповідні кювети. В нашому випадку, світлофільтр буде являти собою скла з нанесеними на них кольоровими плівками.

2.3 Розрахунок параметрів кювети

2.3.1 Геометричний розрахунок

До складу кювети входять підложки з кварцового скла (ГОСТ 15130-79) які покриті тонкими чутливими плівками «біосенсорами».

Для аміаку кількість плівок – 6.

Параметри кювети розрахуємо з точки зору конструктивних міркувань. Товщина скла $l_c = 0,5$ мм, кількість плівок $n = 6$. Внутрішній діаметр кювети буде 45 мм, оскільки внутрішній діаметр повинен бути не менше світлового діаметра лінзи або діаметр рівний йому.

Коефіцієнт поглинання ε_λ для даного газу і для даної довжини хвилі є постійною величиною. Тобто, зі спектру поглинання аміаку ми визначаємо, що на довжині хвилі 630 нм $\varepsilon_\lambda = 0,312$.

Довжину кювети L визначимо з урахуванням того, що напруга U буде мінімальною ($U = U_{\min}$) тоді, коли концентрація аміаку буде максимальною ($C=90\%$ або $C=0,9$). Тобто $U = U_{\min}$ та $C=0,9$, враховуючи всі інші числові значення:

$$U_{\min} = e^{-0,28 \cdot L_{\min}} \quad (2.3.1)$$

Із виразу (2.3.1) видно, що при напрузі U_{\min} довжина кювети не повинна бути меншою за величину L_{\min} з виразу (1.32) визначаємо:

$$\begin{aligned} U_{\min} &= \ln e^{-0,28 L_{\min}} ; \\ Ln U_{\min} &= -0,28 \cdot L_{\min} , \\ \text{звідки } L_{\min} &= -\left(\ln U_{\min} / 0,28 \right) \end{aligned} \quad (2.3.2)$$

З виразу (2.3.2) ми знаходимо мінімально можливу довжину кювети L_{\min} . Але спочатку треба визначитись з величиною мінімальної напруги U_{\min} , яка відповідає максимальному значенню концентрації.

Фактично U_{\min} можна визначити наступним чином:

$$U_{\min} = K \cdot S_{\Pi} \cdot \Pi \cdot R, \quad (2.3.3)$$

де R – опір перетворення струму в напругу ($R=10\text{Ом}$);

K – коефіцієнт перетворення ($K=0.003$);

S_{Π} – чутливість фотоприймача ($S_{\Pi}=1 \text{ А/Лм}$);

Π – поріг чутливості фотоприймача ($\Pi=0.02 \text{ Лм}$).

Тоді $U_{\min} = 0,003 \cdot 1 \cdot 0,02 \cdot 10 = 0,0006 \text{ В} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ мВ}$.

Підставивши одержане значення у вираз (2.3.2), одержимо:

$$L_{\min} = 22,2 \text{ мм}$$

Нехай довжина кювети буде $L=50 \text{ мм}$ ($L > L_{\min}$). Отже ми визначили довжину кювети:

$$L = 50 \text{ мм}.$$

2.3.2 Енергетичний розрахунок

Метою енергетичного розрахунку є визначення потоку, що потрапляє на приймач випромінювання. Формула для розрахунку сигналу на виході фотоприймача наступна:

$$\Phi_c = \tau_{cf} \cdot \rho_3 \cdot \frac{n/4}{n_4} \cdot \tau_{ob} \cdot \frac{\tau_k \cdot \phi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot d^2 \cdot D_{ob}^2}{d^2 \cdot e^2 \cdot \cos(i) \cdot 16S^2}$$

З врахування всіх спрощень формула приймає вигляд:

$$\Phi_c = \tau_{oc} \cdot \varepsilon \cdot \frac{\phi \cdot D^2 \cdot d^2 \cdot D_{ob}^2}{d^2 \cdot \varepsilon^2 \cdot \cos(\omega) \cdot 16f}$$

Скориставшись цією формулою – дізнаємося потік на виході фотоприймача. Однак перед цим необхідно знайти коефіцієнт використання світлового потоку ξ .

В реальних умовах спектральна характеристика випромінювачів може відрізнятися від аналогічної функції еталонного джерела. В цьому випадку характеристика перераховується по реальному ДВ згідно формулі:

$$S_p^e = S_{em}^e = S_{em}^e \frac{\xi_p}{\xi_{em}},$$

де ξ_{em} , ξ_p – коефіцієнт використання приймача по реальному і еталонному ДВ відповідно;

S_p^e , S_{em}^e – інтегральна чутливість по реальному і еталонному ДВ відповідно в енергетичних величинах.

Інтегральна чутливість по реальному ДВ в енергетичних величинах визначається по формулі:

$$S_p^e = S_{em}^e \cdot V^m(\lambda) \cdot \eta_{em} \cdot \frac{\xi_p}{\xi_{em}}$$

де $V^m(\lambda) = 683$ лм/Вт – світловий еквівалент;

η_{em} – ККД ока (коефіцієнт використання) по еталонному ДВ.

Для такого ДВ коефіцієнт використання $\eta_{em} = 2,43 \cdot 10^{-3}$.

Проведемо розрахунок коефіцієнту використання для еталонного і реального ДВ користуючись формулами:

$$\xi_{em} = \frac{\int_{0.4}^{0.8} c_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot e^{\frac{c_2}{\lambda T}} \cdot S(\lambda) d\lambda}{\int_{0.4}^{0.8} c_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot e^{\frac{c_2}{\lambda T}} d\lambda}$$

$$\xi_p = \frac{\int_{0.4}^{0.8} \varphi(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda}{\int_{0.4}^{0.8} \varphi(\lambda) d\lambda}$$

де $S(\lambda)$ – спектральна характеристика фотоприймача у відносних одиницях.

Скористаємось вище наведеними формулами і перерахуємо інтегральну чутливість обраного приймача випромінювання ($S(\lambda) = 1 = \text{А/лм}$) по реальному джерелу випромінювання для розрахованого вище дифузного випромінювача (енергетичний параметр було визначено в цьому розділі, спектральні характеристики візьмемо світлодіодні, реально вони не відрізняються).

Вихідні данні для розрахунку приведені у Таблиці 2.3.2б, результати розрахунку – в Таблиці 2.3.2а.

Таблиця 2.3.2а - Результати розрахунку

ξ_{et}	ξ_p	S_p^e , A/B
0,686	0,817	19,755

Отже, сигнал на виході фотоприймача буде рівним

$$\Phi_0 = \tau_{oc} \cdot \varepsilon \cdot \frac{\phi \cdot D^2 \cdot d \cdot D_{ob}^2}{d^2 \cdot \varepsilon^2 \cdot \cos(\omega) \cdot 16f},$$

$$\Phi_0 = 0,2 \text{ мА}$$

Таблиця 2.3.2б – Вихідні дані енергетичного розрахунку

λ , мкм	$S(\lambda)$	$\varphi(\lambda)$
1	0,62	0
1,02	0,635	0
1,04	0,65	0
1,06	0,655	0,02
1,08	0,68	0,03
1,1	0,695	0,04
1,12	0,71	0,1
1,14	0,725	0,12
1,16	0,74	0,15
1,18	0,755	0,18
1,2	0,77	0,2
1,22	0,785	0,5
1,24	0,8	0,6
1,26	0,815	0,7
1,28	0,83	0,8
1,3	0,855	0,9

1,32	0,87	0,92
------	------	------

2.4 Аналіз похибки ПВП аналізатору аміаку

Для визначення абсолютної похибки вихідного сигналу ПВП для вимірювання концентрації аміаку необхідно врахувати вплив кожного елементу на загальну похибку вихідного сигналу, тобто, щоб визначити похибку ПВП, необхідно знати похибку елементів. Визначити похибку вихідного сигналу дозволяє метод розкладання функції перетворення, що характеризує всі елементи ПВП в ряд Тейлора. Тож розклавши функцію перетворення в ряд Тейлора, одержимо:

$$\begin{aligned} \Delta U_{вих} = & \left(\frac{\partial U_{вих}}{\partial K} \right) \cdot \Delta K + \left(\frac{\partial U_{вих}}{\partial R} \right) \cdot \Delta R + \left(\frac{\partial U_{вих}}{\partial S_n} \right) \cdot \Delta S_n + \left(\frac{\partial U_{вих}}{\partial \Phi_{0\lambda}} \right) \cdot \Delta \Phi_{0\lambda} + \\ & + \left(\frac{\partial U_{вих}}{\partial \tau_L} \right) \cdot \Delta \tau_L + \left(\frac{\partial U_{вих}}{\partial \tau_B} \right) \cdot \Delta \tau_B + \left(\frac{\partial U_{вих}}{\partial \tau_M} \right) \cdot \Delta \tau_M + \left(\frac{\partial U_{вих}}{\partial \tau_\Phi} \right) \cdot \Delta \tau_\Phi + \\ & + \left(\frac{\partial U_{вих}}{\partial \varepsilon_\lambda} \right) \cdot \Delta \varepsilon_\lambda + \left(\frac{\partial U_{вих}}{\partial C} \right) \cdot \Delta C + \left(\frac{\partial U_{вих}}{\partial L} \right) \cdot \Delta L \end{aligned} \quad (2.4)$$

де $\Delta U_{вих}$ – абсолютна похибка вихідного сигналу ПВП;

$\frac{\partial U_{вих}}{\partial P_i}$ – частинна похідна від функції перетворення $U_{вих} f(c)$ по i-

тому параметру P_i .

ΔP_i – абсолютна похибка яку дає i-тий параметр P_i .

Коефіцієнт перетворення K_n є характеристикою підсилювача і постійний для кожного підсилювача. Похибка від цього коефіцієнту виключається конструктивно; коефіцієнти τ_L , τ_B , τ_M , τ_Φ , є постійними і не змінюються в часі. Коефіцієнт τ_λ на певній довжині хвилі постійним для даного газу. Чутливість фотоприймача S_n теж є постійною величиною. Враховуючи всі ці фактори, можна вираз переписати, залишивши в ньому ті складові, які суттєво впливають на вихідний сигнал, порівняно з вище згаданими. Тоді одержимо:

$$\Delta U_{\text{вих}} = \left(\frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial R} \right) \cdot \Delta R + \left(\frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial \Phi_{0\lambda}} \right) \cdot \Delta \Phi_{0\lambda} + \left(\frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial L} \right) \cdot \Delta L, \quad (2.5)$$

де всі ці величини описані вище. Опір R виконується з відносною похибкою $\delta R = 2\%$, тоді абсолютна похибка від опору R :

$$\Delta R = R \cdot \delta_R,$$

$$\Delta R = 10 \cdot 0,02 = 0,2 \text{ Ом.}$$

Джерело випромінювання дає похибку $\delta_{\phi_0} = 1\%$, тоді

$$\Delta \Phi_0 = \Phi_{0\lambda} \cdot \delta_{\phi_0}$$

$$\Delta \Phi_0 = 150 \cdot 0,01 = 1,5 \text{ лм.}$$

Довжина кювети виконується з точністю

$$L = 50 \pm 0,5 \text{ мм, тобто } \Delta L = 0,5 \text{ мм}$$

Розрахуємо частинні похідні

$$\frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial R} = K \cdot S_n \cdot \Phi_{0\lambda} \cdot \tau_L^2 \cdot \tau_B^2 \cdot \tau_M \cdot \tau_\phi \cdot e^{-\varepsilon \lambda C L}$$

Оскільки ми ведемо розрахунки при максимальному вихідному сигналі (а він є максимальним, якщо концентрація C є мінімальною, тобто при $C=0$ (від діапазону вимірювань)), тоді:

$$\frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial R} = 0,1;$$

$$\frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial \Phi_{0\lambda}} = K \cdot R \cdot S_n \cdot \tau_L^2 \cdot \tau_B^2 \cdot \tau_M \cdot \tau_\phi \cdot e^{-\varepsilon \lambda C L}$$

$$\frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial \Phi_{0\lambda}} = 0,02$$

$$\frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial L} = -\varepsilon_\lambda \cdot C \cdot K \cdot R \cdot S_n \cdot \Phi_{0\lambda} \cdot \tau_L^2 \cdot \tau_B^2 \cdot \tau_M \cdot \tau_\phi \cdot e^{-\varepsilon \lambda C L}$$

$$\frac{\partial U_{\text{вих}}}{\partial L} = 0$$

Підставивши всі одержані величини у вираз (2.5), одержимо абсолютну похибку:

$$\Delta U_{\text{вих}} = 0,1 \cdot 0,2 + 0,02 \cdot 1,5 = 0,05 \text{ В}$$

Відносна похибка вихідного сигналу ПВП може бути знайдена за формулою:

$$\delta_{\partial} = \left(\left(\frac{\Delta U_{\text{вих}}}{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}} \right) \right) \cdot 100\%$$

де $\Delta U_{\text{вих}}$ - абсолютна похибка вихідного сигналу ПВП

U_{max} - напруга на виході ПВП, що відповідає кінцю вимірювань.

U_{min} – напруга на виході ПВП, що відповідає за початок вимірювань.

Відповідно до розробки технічного завдання при зміні концентрації аміаку, вихідна напруга буде змінюватись від 1 до 0 В.

Таким чином:

$$\delta_{\partial} = \left(\frac{0,05}{1-0} \right) \cdot 100\% = 5\%$$

Отже, абсолютна похибка вихідного сигналу:

$$\Delta U_{\text{вих}} = 0,05 \text{ В}$$

Відносна похибка вихідного сигналу

$$\delta_{\partial} = 5\%$$

При розробці технічного завдання ми задавались допустимою відносною похибкою 5% і одержана похибка складає 5%. Отже, ми повністю виконали вимоги технічного завдання до дипломного проекту бакалавра.

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті бакалавра на тему «Аналізатор аміаку для птахофабрик» проведено аналітичне дослідження об'єкту вимірювання, а саме описано фізичні, хімічні властивості аміаку та його вплив на живі організми. Після чого нами виконано огляд та аналіз методів вимірювання концентрації аміаку методами кондуктометричним, термохімічним, фотоколориметричним та оптико-абсорбційним. Що дало змогу обрати метод на якому ми спроектували й сконструювали свій аналізатор концентрації аміаку для птахофабрик. Даний первинний вимірювальний перетворювач побудований на основі фотоколориметричного методу, який використовує зміну кольору чутливого елемента після його взаємодії з аналізуємою речовиною. Запропонований первинний вимірювальний перетворювач призначений для вимірювання концентрації парів аміаку на птахопромисловостях. Застосовано в якості чутливого елемента тонкі плівки. У дипломному проекті виконаного огляд приладів аналогів, а саме, універсального переносного газоаналізатору, газоаналізатору типу Н-320 та Аналізатору ІТ-М (індикатору горючих газів).

У другому розділі дипломного проекту проведено дослідження щодо одержання та нанесення тонкоплівкового покриття на підложку сенсору аналізатору концентрації аміаку. Дослідження спектру випромінювання аміаку дозволило правильно обрати діапазон довжин хвиль для сенсору. Нами проведено розрахунки щодо кількості чутливих плівок сенсору. У дипломі виконано вибір та розрахунок основних елементів конструкції первинного вимірювального перетворювача аналізатору концентрації аміаку. Зазначимо, що розрахунки виконано для джерела випромінювання, підсилювача, фотоприймача, світлодіоду, однолінзового конденсора, світлових фільтрів, вимірювальної кювети. Такі розрахунки основних вузлів конструкції дозволили провести розрахунок похибки вимірювання аналізатору аміаку. При підготовці дипломного проекту виконано креслення деталей та вузлів аналізатору аміаку для птахофабрик.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

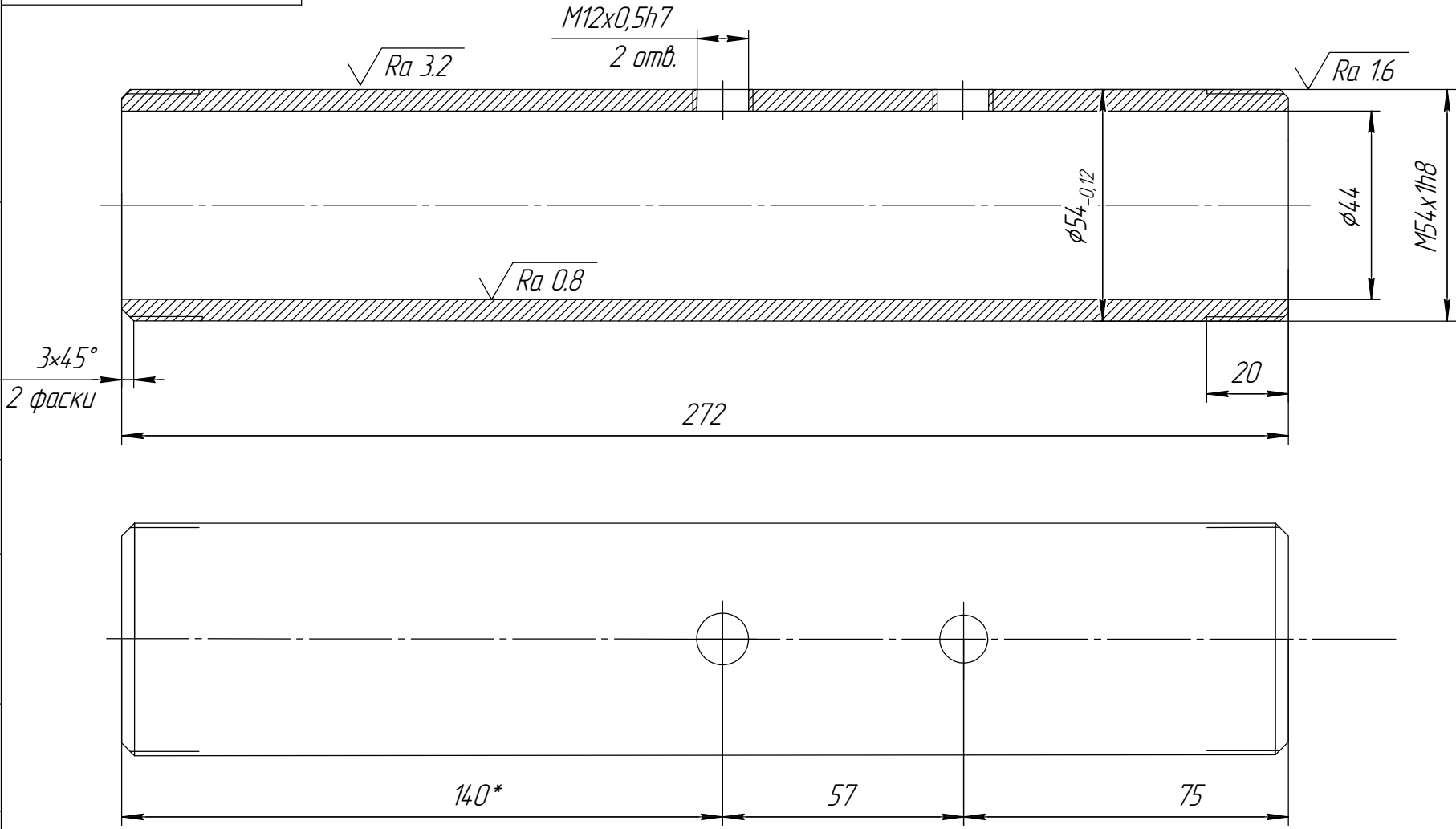
1. Павленко В.А. Газоанализаторы. – М.: Машиностроение, 1965.
2. Сурикова Е. И. Погрешности приборов и измерений. – Л: Машиностроение, 1975.
3. Методичны вказівки до виконання організаційно-економічного розділу дипломних проектів. За ред. В. І. Кривди – К.: НТУУ «КПІ», 2009.
4. Кравченко О. М. Підвищення селективності газового аналізу при вимірюванні концентрації аміаку. – ПБФ, НТУУ «КПІ», 2011.
5. Бегунов Б. Н., Заказнов Н. П. «Теория оптических систем». – М. «Машиностроение» - 1973 г.
6. Авторское свидетельство № 1594894 А1 «Пленкообразующий состав», авторы: Голубков С. П., Таланчук П. М. , Ковтун В. С.
7. Авторское свидетельство № 1593130 А1 «Пленкообразующий состав», авторы: Голубков С. П., Таланчук П. М. , Ковтун В. С.
8. Авторское свидетельство № 1596665 А1 «Пленкообразующий состав для стеклоизделий», авторы: Голубков С. П., Таланчук П. М. , Ковтун В. С.
9. Ваня Я. «Анализаторы газов и жидкостей». – М. «Энергия». – 1970 г.
10. Глинка М. Л. «Загальна хімія» - К. «Вища школа» - 1976 р.

ДОДАТКИ

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инд. № изм.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.

НАЕПС.БДП.ПНз61.000.02

√ Ra 3.2



*Разміри для довідок
1. Невказані граничні відхилення $H12, h12 \pm IT_{\frac{12}{2}}$

НАЕПС.БДП.ПНз61.000.02						Лист			Масса			Масштаб		
Корпус						1			1:1			1		
Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72						Лист			Листов			1		
ПБФ						Лист			Листов			1		
Копировал						Формат			А3			1		

$$\sqrt{3,2} \quad (\sqrt{\quad})$$

Справка. №

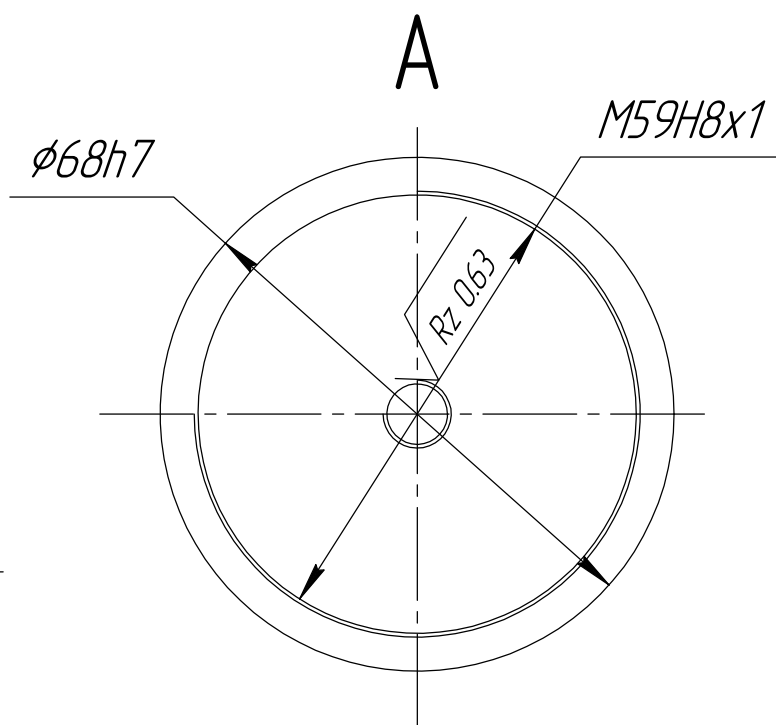
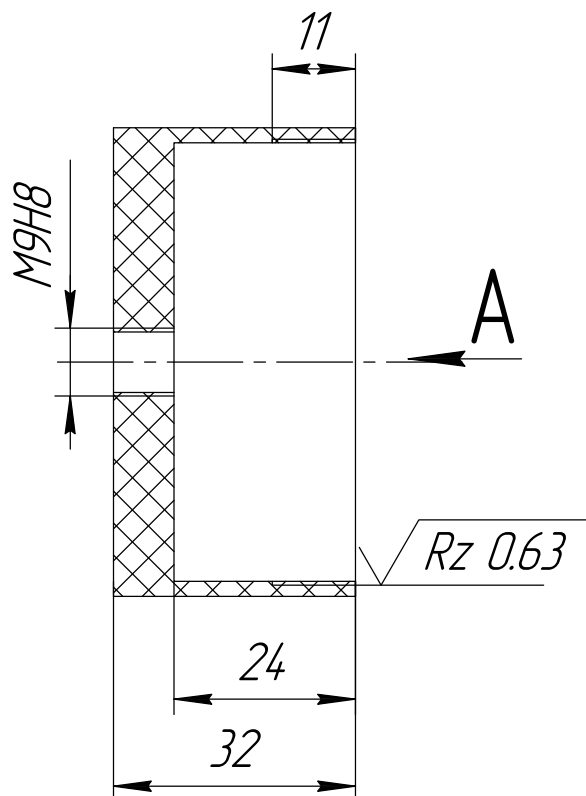
Подн. u dama

Этот документ является частью архива.

ВЗАМ. УНВ. №

Подн. и дама

ИНВ. № подл.



1. Невказані граничні відхилення $H_{12}, h_{12} \neq IT_{\frac{12}{2}}$

					НАЕПС.ПБ.ПН61.000.03				
					Кришка	Лист.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					1:1
Разраб.		Вердицкий							
Пров.		Маркіна О.							
Т.контр.									
						Лист		Листов	1
Н.контр.					ПК К-30UVR ISO 9001		КПІ ім. Ізоря Сікорського ПБФ		
Утв.									

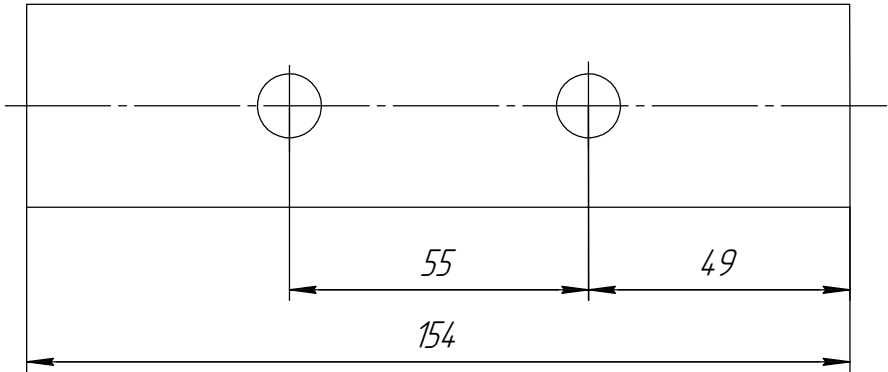
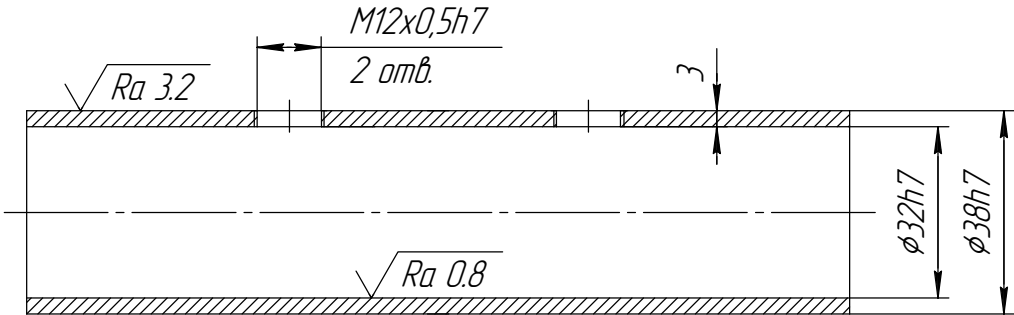
Копировал

Формат А4

Перб. примен.	Спроб. №	Подп. и дата	Инд. № ауд.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.

50'000'19H1179'1234H

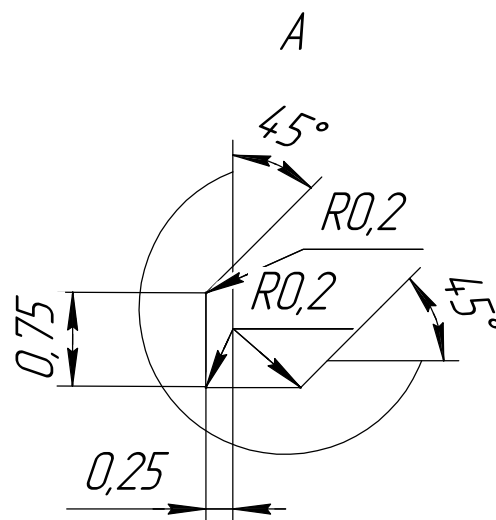
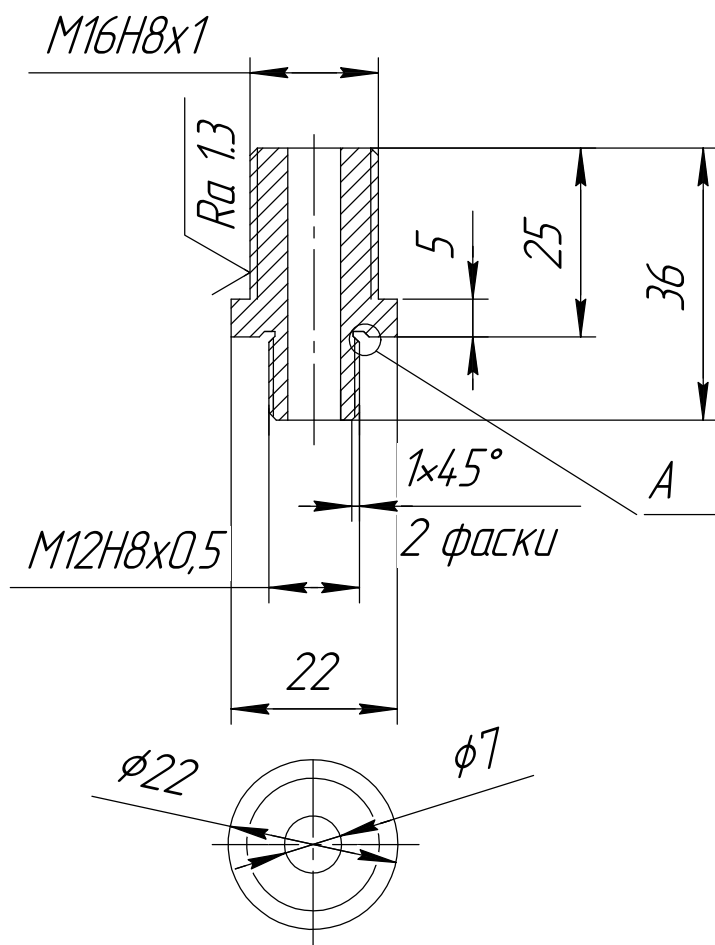
√ Ra 3.2



*Разміри для довідок.
1. Невказані граничні відхилення $H12, h12 \pm IT_{\frac{12}{2}}$

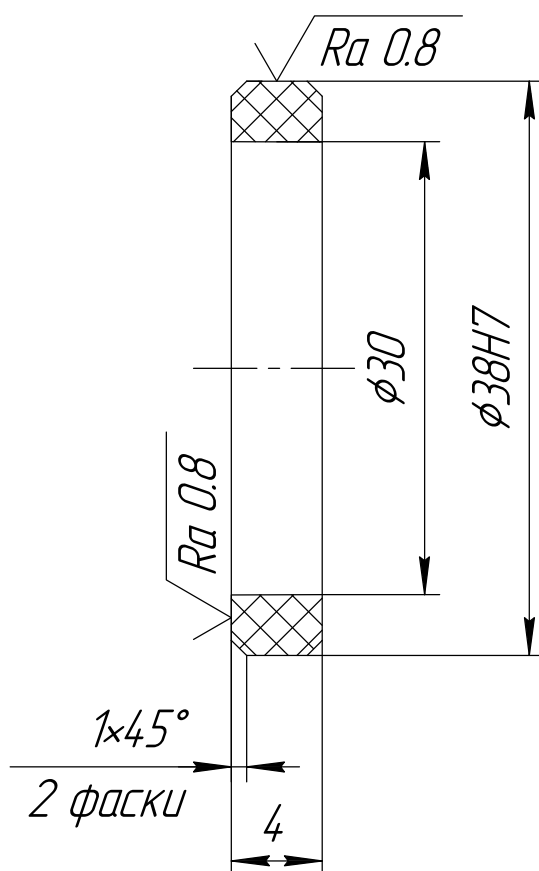
					НАЕПС.БДП.ПН61.000.05			
					Кювета			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Вербицкий							
Проб.	Маркина О.							
Т.контр.								
Н.контр.					Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72			
Утв.					ПБФ			
Копировал					Формат А3			

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № докл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.					
НАЕПС.БДП.ПН61.000.19												✓ (✓)					
<div><div><div>0,1_{+0,2}х35</div><div>0,1_{+0,2}х45</div><div>10h7</div><div>Ra 0.1</div><div>R 5,2</div><div>1,2</div><div>3</div></div></div> <div>1. Невказані граничні відхилення Н12, h12±IT₂¹².</div>																	
НАЕПС.БДП.ПН61.000.19												Лит.		Масса		Масштаб	
Однолинзовий конденсор																10:1	
Скло оптичне ГОСТ 3514-76												Лист		Листов		1	
ПБФ																	
Копировал												Формат		А4			



1. Невказані граничні відхилення $H_{12}, h_{12} \neq IT_2^{12}$.

					НАЕПС.БДП.ПН6 1.000.13						
					Штуцер	Лист			Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						1:1	
Разраб.		Вердицкий									
Пров.		Маркина О.									
Т.контр.											
					Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72	Лист			Листов	1	
Н.контр.						ПБФ					
Утв.											

$\sqrt{1,25}$ ($\sqrt{\quad}$)

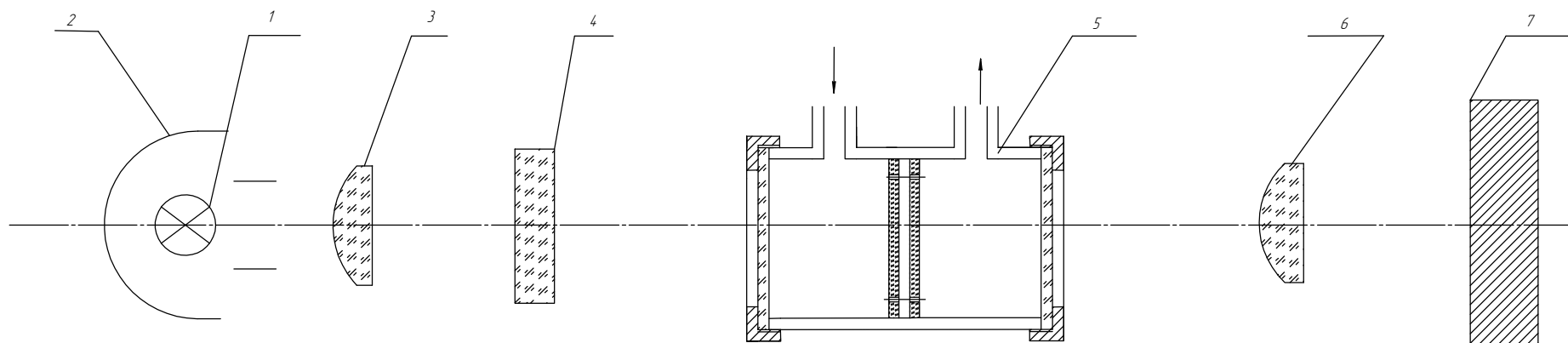
* Розміри для довідок

1. Невказані граничні відхилення $H12, h12 \pm IT \frac{12}{2}$

[illegible]

Копировал

Формат А4

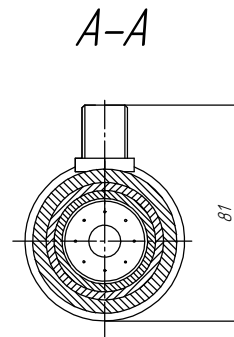
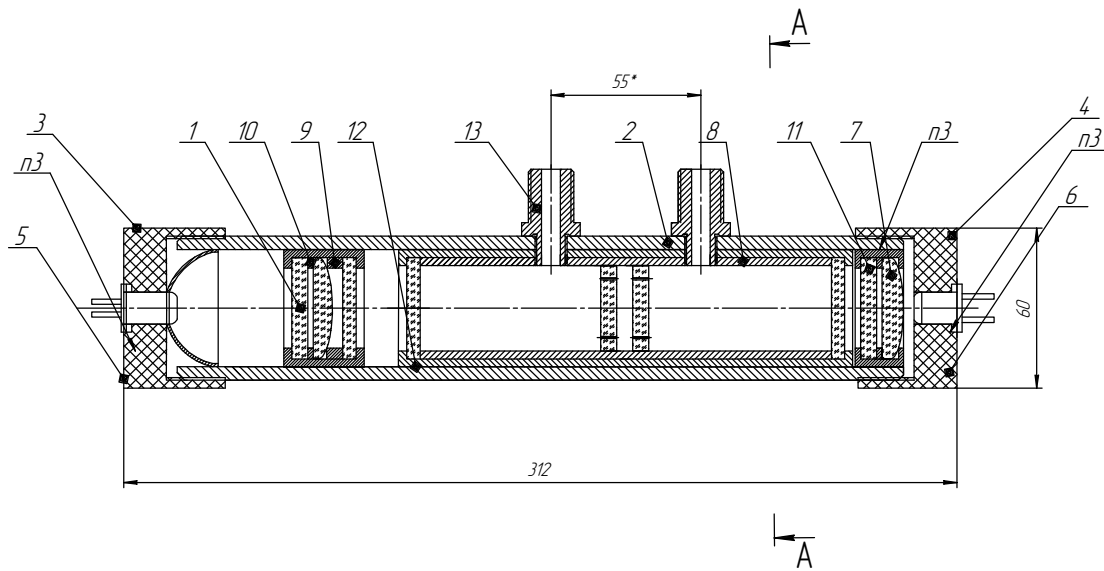


<i>Повнення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>	<i>Примітки</i>
1	Джерело випромінювання	2	
2	Еліпсоїдний відбивач	1	
36	Одномізавий конденсор	2	
4	Світлофільтр	1	
5	Витравальна камера	1	
7	Приймач випромінювання	1	

НА ЕПС ДПС ПН61002

<i>Мат.</i>	<i>Лист</i>	<i>N° докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Авт.</i>	<i>Максв.</i>	<i>Магнітоб.</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Верифікаційн</i>					
<i>Проєктант</i>		<i>Маршак О</i>					
<i>І констр.</i>					<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	<i>Т</i>
<i>Нконстр.</i>					<i>ПБФ</i>		
<i>Збр.</i>							

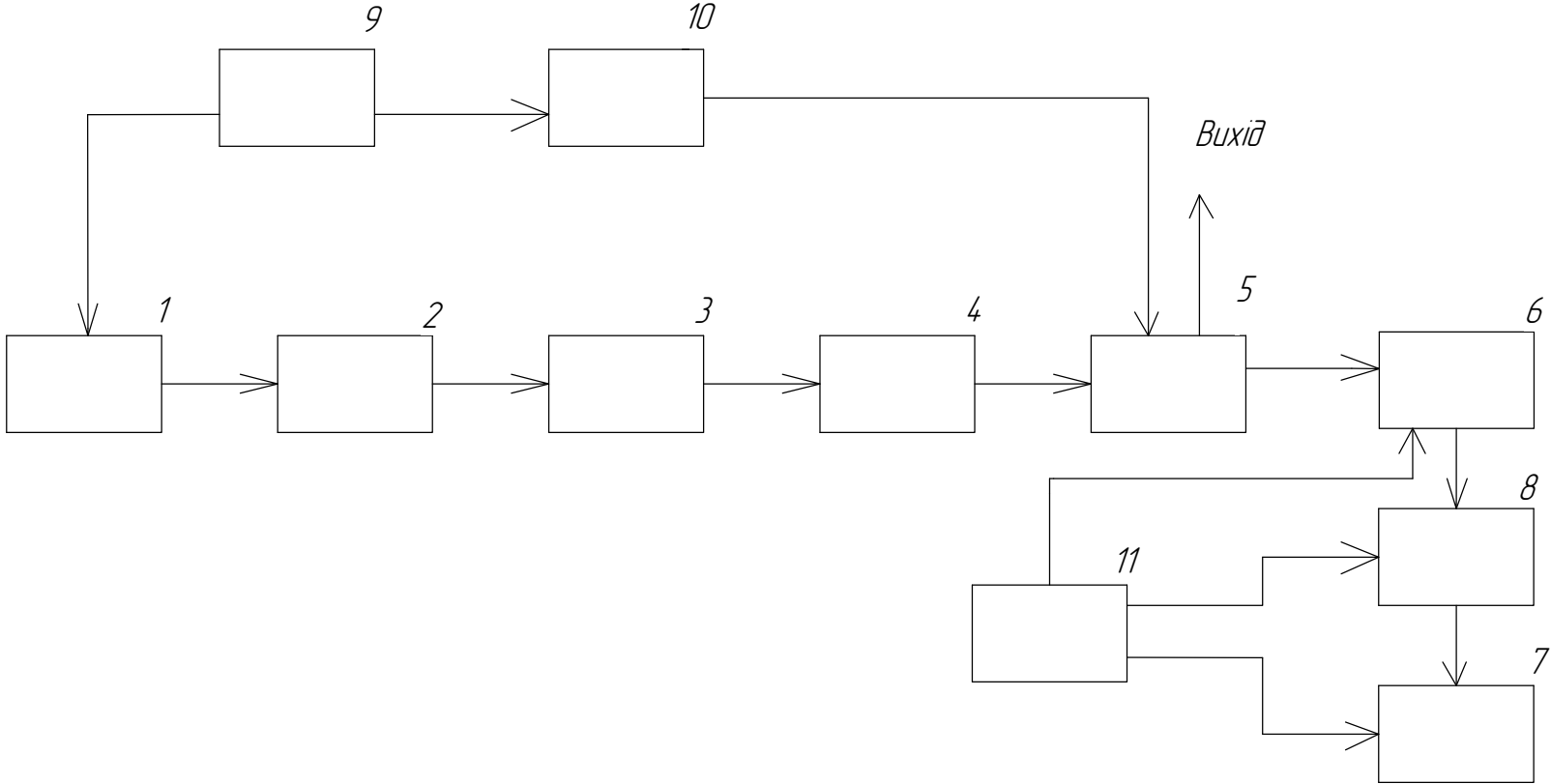
Схема оптична



- * Розміри для довідок
- Позиції 23, 24 не вказані
 - Порожнину А перевірити на герметичність розрідженням 0,7е3 Па
 - БФ-2 ГОСТ 12172-74

				НАЕПС ДПБ.ПН61.000.СК		
				ПП аналізатор аміаку		
				Складальне креслення		
Лист	Лист	№ докум.	Подп.	Лист	Лист	Лист
Разроб.	Вірн.	Вірн.	Вірн.	Лист	Лист	Лист
Проб.	Марка	О		Лист	Лист	Лист
Техн.				Лист	Лист	Лист
Нормат.				Лист	Лист	Лист
Умб.				Лист	Лист	Лист
				ПБФ		
				Формат А1		

Форма т.Зона		Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чение	
Перв. примен.							
				Документація			
	A1		НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.СК	Складальне креслення			
	A1		НАЕПС.ДПБ.ПН61.002.	Схема оптична			
	A1		НАЕПС.ДПБ.ПН61.001	Структурна схема			
				Складальні одиниці			
			1	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.01	Електродвигун	1	
Справ.№							
				Деталі			
	A3	2	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.02	Корпус	1		
	A4	3	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.03	Кришка	1		
	A3	5	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.05	Кювета	1		
		6	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.06	Оправа	1		
		7	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.07	Оправа	1		
		8	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.08	Оправа	1		
		9	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.09	Кільце	1		
Подп. і дата			10	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.10	Кільце	1	
			11	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.11	Вісь	1	
	A4	12	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.12	Втулка	1		
	A4	13	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.13	Штуцер	2		
		14	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.17	Світлофільтр	1		
		15	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.18	Колектор	1		
		16	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.19	Конденсор	1		
		17	НАЕПС.ДПБ.ПН61.000.20	Захистне скло	4		
Подп. і дата							
Взам. инв. №							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							



Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
1	Джерело випромінювання	1	
2	Еліпсоїдний випромінювач	1	
3	Однофазний конденсор	2	
4	Світлофільтр	1	
5	Вимірвальна кювета	1	
6	приймач випромінювання	1	
7	Показуючий прилад	1	
8	АЦП	1	
9, 11	блок живлення	2	
10	Система проби підготовки	1	

№	Лист	№ докум.	Годн.	Лист	Масштаб
Разроб.	Виробничий				1:1
Проб.	Маржина				Лист 1
Контр.					
Начальн.					
Упр.					

НАЕПС ДПБ.ПН61.001

Схема структурна

ПБФ

Копіювати

Формат А1